www.radio.ru

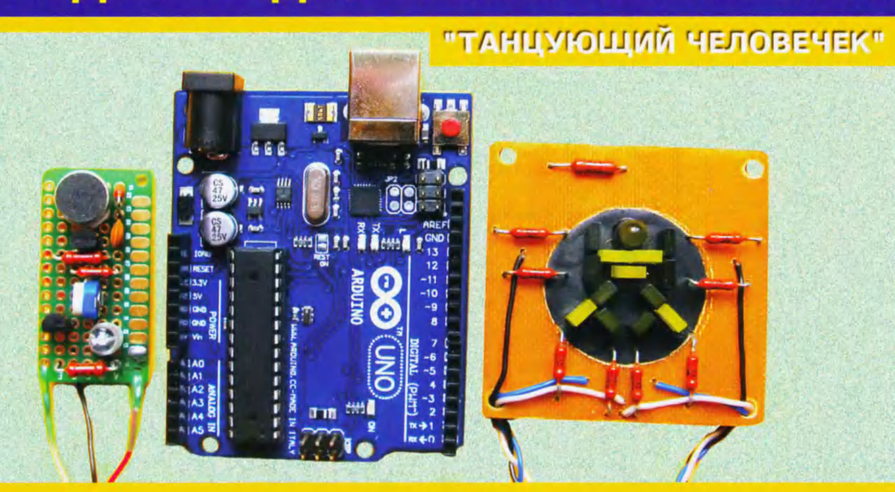
7 • 2017

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

УСТРОЙСТВА НА ARDUINO:

"ТАНЦУЮЩИЙ ЧЕЛОВЕЧЕК"



ИЗМЕРИТЕЛЬ ЁМКОСТИ АККУМУЛЯТОРОВ



АВИАМОДЕЛЬНЫЙ СВЕТОФОР



...и ещё 15 конструкций

ТЕРМОМЕТР

29 • 29
28 • 28
27 • 27
26 • 26
25 • 25
24 • 24
23 • 23
22 • 22
21 • 21
20 • 20
19 • 19
18 • 18
17 • 17
16 • 16
15 • 15



7
2017

ISSN-0033-765X
170007
9 770033 765009



Молодёжная конференция "Радиопоиск 2017"

(см. статью на с. 49)

Александр Блищенко и его модель полицейского автомобиля.



Мирон Зайцев и его радиоуправляемая модель самолёта — летающее крыло.



Данила Алексеенко рассказывает о работе испытателя светодиодов.



Георгий Клепиков демонстрирует работу устройства защиты от протечки воды.



Участники конференции "Радиопоиск 2017".

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Устройства на Arduino (см. статьи на с. 31, 38, 52, 55).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ИСПЫТАТЕЛЬ СТАБИЛИТРОНОВ
РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ ВОДЫ
ПОДВИЖНАЯ МИШЕНЬ

Тираж журнала «Радио» № 6 сдан для рассылки подписчикам 02.06.2017 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 19.06.2017 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 17-06-00241.

"Пятое общество" на CeBIT'2017: d!conomy — no limits

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Талант сам по себе бесцветен и приобретает окраску только в применении".

М. Е. Салтыков-Щедрин

"D!conomy — no limits" — девиз ежегодной выставки CeBIT, который можно перевести как "ц!кономика (цифровая экономика) — без преград". С 20-го по 24 марта в германском Ганновере три тысячи компаний из 70 стран мира демонстрировали достижения цифровой экономики в самом широком смысле этого слова. Идёт массовое движение от "умных фабрик и машин к "смарт-обществу", а основным трендом CeBIT'2017 логично стал Интернет вещей (IoT) во всех его проявлениях. Цифровизация быстро меняет сложившиеся за многие века традиционные взаимодействия между субъектами экономической деятельности, а ИКТ-инфраструктура любых предприятий и организаций превращается из чего-то до сих пор обременительного в необходимую статью расходов и в ключевой элемент бизнес-стратегии. В последнее время и оф-лайновая индустрия, занятая производством, доставкой и продажей вполне материальных ценностей конечному потребителю, всё в большей степени подвергается оцифровке. CeBIT'2017 как раз посвящена демонстрации результатов данного процесса. Соединённые (с облачными хранилищами данных и сервисными хабами) предметы домашнего обихода, "умные" элементы городской инфраструктуры, человекоподобные роботы заполнили выставочные павильоны. Жаль, что "наших" там было немного, но в этом, видимо, виноват эпиграф.

Подобные мероприятия никогда не проводятся просто так. Поэтому решения, которые представлены в Ганновере, чрезвычайно актуальны, прежде всего, для немецкого бизнеса. В связи с этим Бенно Бунсо, исполнительный директор группы Germany Trade And Invest, заявил: "Думаю, выставка CeBIT — это идеальный трамплин для развития тесного, продуктивного партнёрства. Это в интересах Германии, немецкого бизнеса, прежде всего, наших малых и средних предприятий. Они получают уникальную возможность оказаться в струе новых решений и технологий, причём в международном масштабе".

Ежегодно CeBIT проводится в сотрудничестве с какой-то страной. В 2017 г. выбор пал на Японию, поэтому посетителей выставки с особенной теплотой и настойчивостью окружали роботы и прочие порождения ультрасовременных технологий, в которых Япония особенно сильна. Премьер-министр Японии Синдзо Абэ по этому случаю заявил: "Мы находимся на пороге пятой главы в книге прогресса человечества. Сегодня мы способны решать проблемы, которые раньше казались неразрешимыми. Нынешняя эра — эра всеобщего подключения. Интернет вещей, технологии служат обществу, и так появляется новая модель его функционирования — то, что мы называем пятым обществом". В подтверждение этих слов японские компании представили настоящий фейерверк цифровых достижений.

Смарт-решения во всех областях — основа концепции пятого общества. Компания Komatsu привезла цифровой экскаватор и симулятор оператора с визуализацией усилий, расстояний и пр. Yamaha представила компактный дрон-вертолёт. Компания Seiren разработала "умное" зеркало для виртуальной примерки одежды, выгодное для современных швейных компаний, поскольку в современной текстильной промышленности реализуется лишь 60 % продукции, а 40 % идёт на выброс. Благодаря Seiren будет производиться лишь то, что точно будет продано, а небольшие коллекции помогут экономить на складских помещениях.

Созданные Phoenix Solution радиометки сверхвысокой чувствительности удаётся детектировать обычным сканером с расстояния в полметра и более даже в том случае, когда они наклеены на обратную сторону металлического листа. Группа NTT предложила смарт-концепции для всего и вся — от традиционного японского театра до агросектора и транспорта. Группа Fujikura привезла сверхтонкие волоконно-оптические кабели, способные передавать огромные объёмы информации. Компания NHK привезла дисплей с разрешением 8K для телевидения завтрашнего дня. В 2020 г. Япония станет хозяйкой Олимпийских игр, подготовка к которым, кстати, проходит по стандартам пятого, подключённого, общества. Впервые олимпиада будет транслироваться в разрешении 8K, которое, как было заявлено, гарантирует изображение чётче, чем в реальном мире. С телевидением 8K зритель как будто смотрит сквозь большое окно в мир, который сетчатка глаза воспринимает как реальный. А значит, шоу, спортивные состязания и выступления любимых групп в ближайшее время будут разворачиваться прямо в наших гостиных. Что, добавим, делает для нас всё ближе время, представленное Р. Брэдбери в романе "451° по Фаренгейту".

Что касается массового распространения роботов и соответствующих опасений со стороны общества, то президент компании Unicast Юта Мицубори заметил: "Я думаю, что пока рано говорить, что роботы якобы лишают людей работы. Нет, они способны делать что-то в сферах, где присутствие человека не нужно. Высвобождая нам время для занятий более важными вещами. Собственно, для этого мы этих роботов и изобрели". Роботы уже тренируют людей в разных видах спорта, с утра до вечера, без перерывов на обед. Например, роботу-вратарю почти никто не может забить гол. Компания ProDrone на выставке демонстрировала промышленные многофункциональные дроны, у одного из которых были даже металлические руки.

Переход к Обществу 5.0 начинался постепенно, по мере всё более заметного проникновения компьютерных технологий в нашу повседневность. Определяющую роль в жизни людей начинают играть теперь наука и технология, обеспечивая автоматизацию и роботизацию рутинных процессов на производстве и дома. Постоянно подключённое к Интернету облако "умных" вещей вокруг каждого из нас, непрерывный анализ больших данных и автоматизированное принятие решений экспертными системами на его основе.

Если говорить о будущем, то в рамках "умного" города (smart city) Министерство транспорта Германии совместно с Audi выпустило концепт своего беспилотника. Говорят, есть даже действующие прототипы, и автомобиль может определять себя на дороге не только с помощью GPS и своей периферии, но и по датчикам, встроенным в светофоры, знаки, окружающие автомобили.

Германская цифровая ассоциация Bitkom, которая объединяет в настоящее время более 2400 компаний, действующих в парадигме пятого общества, ежегодно проводит среди коммерсантов своей страны опрос на тему: "Помогает уже сейчас или поможет в ближайшем будущем цифровизация вашему бизнесу?". Результаты этого опроса свидетельствуют о достаточно высоких темпах, которыми растёт приятие цифровых технологий в немецких деловых кругах. И если в 2015 г. на такой вопрос ответили "да" 55 % опрошенных, то в прошлом году уже 65 %. Представитель Bitkom доктор Бернхард Рохледер отметил в своём выступлении на CeBIT'2017, что нынешняя неплохая экономическая ситуация в Германии может сыграть злую шутку с не слишком приверженными новым технологиям бизнесменами. Если предприятие работает по старинке и продолжает оставаться прибыльным, вроде бы нет необходимости заниматься цифровизацией. Однако такой подход стратегически порочен. Но никому не ведомые новые компании, вчерашние стартапы, в основе деятельности которых лежат прорывные технологии, в любой момент могут вырваться вперёд, оставив прежних лидеров рынка далеко позади. У последних же попросту не окажется ни ресурсов, ни времени, чтобы хотя бы притормозить потерю собственной рыночной доли.

Германская студия 3D-анимации Northdocks продемонстрировала на CeBIT'2017 систему визуализации данных, которая позволяет ускорить и оптимизировать процесс принятия решений на производстве и в бизнесе благодаря масштабированию выводимой в графическом виде информации. С "дальней дистанции" пользователь увидит элементарную и наиболее доходчивую круговую диаграмму, а по мере её "приближения" сможет при желании и необходимости получить детализированную информацию по каждому из составляющих её секторов, запросить у системы визуализацию дополнительных данных и т. п.

Необычную разновидность дрона привезли в Ганновер представители цюрихского Федерального технологического института. Аппарат под названием Fotokite — гибрид квадрокоптера и воздушного змея, он постоянно удерживается оператором на корде переменной длины. Это позволяет гарантировать, что дрон не будет использован вне поля зрения оператора, и тем самым как минимум соблюсти сегодняшние строгие законы о применении сверхмалых летательных аппаратов в городах. Вдобавок, по проводам в корде на дрон можно передавать электропитание, значительно увеличивая продолжительность его работы. А ведь этак можно и мобильную связь модернизировать, подавая на смартфон по проводу электропитание и невероятный объём данных, а заодно невероятно упростив архитектуру сотовой сети и защитившись от радиопомех. В общем, тут есть над чем подумать.

Ещё одна из главных тем CeBIT'2017 — виртуальная реальность, в которой сегодня возможно практически всё. В частности, на стенде группы NTT желающие могли сыграть в футбол, почти не двигаясь с места. Устройство, погружающее в игру, крепится на тело и руки игрока, после чего ощущения становятся максимально реалистичными... В связи с этим Кацунари Мориуши, вице-президент группы NTT, сказал: "Мы добавили к нашему комплекту виртуальной реальности приспособления, позволяющие ощущать удар мячом в живот. Так создаётся полное погружение в игру. Наша система — самая передовая в мире на сегодняшний день". Этак скоро каждый сможет запросто получить реальное удовольствие, будучи виртуальным боксёром, бегущим кабаном или рабом на галерах.

Президент NTT Хиро Унура поделился своим видением будущего бизнеса: "Для нас крайне важно, чтобы каждое подразделение нашей компании могло помочь своим клиентам и заказчикам развивать новые модели бизнеса, осваивать новые подходы в разных областях". Одним из удачных примеров является группа Dimension Data ("дочка" NTT), которая, в частности, обеспечила участников гонки Tour de France датчиками GPS, позволяющими отслеживать скорость и точное местонахождение велосипедов во время соревнования.

"Цифровые" люди уже тоже появились. Прямо на выставке можно было вживить под кожу индивидуальный чип. С помощью него можно открывать замки, заводить машину или ездить на метро, просто приложив руку к датчику. Что ещё можно с помощью такого чипа, наверное, рассказали бы лучше всех представители транснациональных корпораций и многочисленных разведок, но, как вы понимаете, во время выставки они не давали комментариев.

Были и разработчики, которые решили одновременно развлечь людей и позаботиться об их здоровье. Например, небольшой датчик PeeWin крепится на унитазе или писсуаре, чтобы проводить оперативный анализ мочи. Говорят, один из посетителей плеснул туда колы, после чего на экране высветилось: "У вашей лошади диабет". Кстати, есть даже игровая версия для установки, например, в ресторанах и казино, — для соревнований "в меткости". Хоть чем-то можно восполнить проигрыш.

Китайская компания Huawei традиционно привезла в Ганновер множество комплексных решений на базе собственных разработок. Решения, созданные ею совместно более чем с сотней партнёров, включая SAP, Accenture, Infosys, T-Systems, KUKA, Hexagon, Thales, Alstom и Siemens, предназначены для обработки больших данных, телекоммуникаций, банковской деятельности, "умного" города и др. Лозунг Huawei на CeBIT'2017 звучал как "Leading New ICT, The Road to Digital Transformation" ("Возглавляя новые ИКТ, дорогу к цифровой трансформации"). Этот лозунг кому-то может показаться



нескромным, но Huawei уже давно относится к крупнейшим мировым ИКТ-поставщикам, которые "делают всё". Huawei разделила свою экспозицию на три части: бизнес, технологии и экосистема. Для бизнеса были представлены "умный" город, "умное" образование, "умная" медицина, "умный" транспорт. Вторая часть экспозиции — технологии — наиболее традиционная для Huawei. Здесь были представлены самые разнообразные ИКТ-разработки с привлечением облачных технологий. И наконец, часть, связанная с экосистемой, оказалась насыщена демонстрациями решений, которые созданы Huawei совместно с партнёрами в рамках вертикальной кооперации во многих областях.

В ходе CeBIT'2017 Huawei объявила о новой стратегии "Платформа + Экосистема", нацеленной на создание открытых, гибких и безопасных инфраструктурных ИКТ-решений. "Платформа" в этой стратегии выражает синергию взаимодействия высокотехнологичных устройств через облака, а "Экосистема" — создание выгодной для всех её участников среды устойчивого развития в той или иной области хозяйства, на вертикальном корпоративном рынке и т. п.

Президент операционного подразделения беспроводного маркетинга Huawei Цю Хэн рассказал в ходе CeBIT'2017 о том, какими его компания видит коммерческие беспроводные коммуникации (Enterprise Wireless Communications, EWC) поколения 2.0 и что намерена предпринять, чтобы воплотить это видение в жизнь. В частности, до самого последнего времени EWC (главным образом, в виде Wi-Fi) развивались почти исключительно в нелицензируемых диапазонах радиоспектра, пока они не оказались серьёзно замусоренными или исчерпали свои технологические возможности в части простоты и оперативности связи.

Собственно, предложение Huawei по переводу EWC в стадию 2.0 таково. Взять оборудование LTE и с некоторыми минимальными переделками задействовать его для работы в нелицензируемых радиодиапазонах 470, 800 и 900 МГц, а также 2,4 и 5 ГГц. В целом в распоряжении владельца подобной радиосети окажется общая полоса частот 400...600 МГц, представленная одновременно высоко- и низкочастотными поддиапазонами, т. е. одинаково пригодная и для высокоскоростного обмена данными на сравнительно небольших расстояниях, и для крайне надёжных дальнобойных коммуникаций с малыми энергопотерями в канале.

В качестве примера практического воплощения концепции EWC 2.0 был приведён шанхайский Яншань, крупнейший по грузообороту порт мира, где внедрение eLTE для IoT в нелицензируемом спектре позволило на 70 % сократить обслуживающий беспроводную сеть персонал, на 30 % повысить её энергоэффективность, обеспечить 99,999 % надёжность обмена данными при типовых задержках 20 мс. В рамках данной сети действуют полсотни полностью автоматических автопогрузчиков, наладить уверенную работу которых в подобных условиях средствами Wi-Fi было бы попросту невозможно. В качестве примера в Ганновере был представлен промышленный робот ABB YuMi, который реализует технологию построения закрытых индустриальных сотовых сетей Huawei OneAir@SmartX на базе протокола eLTE.

Второе поколение коммерческих беспроводных коммуникаций, предложенное Huawei, образуют три компонента: сотовая сеть eLTE в лицензируемом диапазоне с гарантированной задержкой не более 10 мс и стабильным каналом при относительной скорости приёмника и передатчика до 430 км/ч; двухдиапазонная сотовая сеть в нелицензируемом диапазоне (eLTE-U, 2,4 и 5 ГГц) с задержками менее 100 мс и многопользовательским контролем качества обслуживания (QoS); узкополосная подсистема eLTE-IoT с предельной ёмкостью 50 тыс. абонентов на базовую станцию и временем непрерывной работы автономного абонентского модуля от одного элемента питания до 10 лет.

Чем глубже проникает "умная" электроника во все области человеческой жизни, тем важнее гарантировать необходимый уровень надёжности цифровых коммуникаций, как межчеловеческих, так и человеко-машинных, и межмашинных (прежде всего, в рамках IoT). В Ганновере теме безопасности в самых разных её аспектах было уделено пристальное внимание. Это относилось как к безопасности данных и облачных решений, так и совершенно новых ситуаций, которые возникают в процессе цифровизации всего и вся. Компания Acronis продемонстрировала технологию сохранения документов с использованием блокчейна. Компания Trend Micro представила целый ряд решений безопасности, нацеленных на борьбу с компрометацией бизнес-процессов, весьма актуальной угрозой последних лет. Показаны также продукты для защиты подключённых к Интернету автомобилей от хакерских атак и для организации бесперебойной работы автоматизированных фабрик.

Лаборатория Касперского показала в Ганновере свои новейшие разработки в области компьютерной безопасности с особым упором на противодействие ransomware (от англ. ransom — выкуп и software — программное обеспечение, т. е. вредоносное программное обеспечение, предназначенное для вымогательства). Именно эта угроза в последнее время становится всё более актуальной. Если в январе 2016 г. в мире атаки такого типа регистрировались каждую минуту, то в октябре — каждые 40 с.

А вот, к примеру, в Японии уже сегодня можно купить роботов, в том числе андроидов, хотя и с заметно ограниченной функциональностью по сравнению с фантастическими фильмами. Однако в Европе юридический статус подобных конструкций до сих пор не прояснён. Спектр соперничающих мнений простирается от полного их запрета до дарования самоуправляемым агрегатам определённых прав и свобод наравне, к примеру, с домашними животными.

Конечно же, важна не только роботизация повседневности сама по себе, но и её последствия. По оценкам экспертов, уже к 2025 г. в крупнейших городах США может вовсе не остаться автомобилей в частном владении. Люди пересядут на управляемые роботами машины, доступные в любой момент по системе, аналогичной нынешнему каршерингу. Экономические выгоды подобной схемы, включая экономию средств и времени людей в масштабах мегаполисов, более чем очевидны. Но для того, чтобы она стала реальностью, необходимо провести огромную подготовительную работу — начиная с переделки действующего законодательства (особенно в части ответственности за происшествия с участием самоуправляемых авто) и заканчивая развитием умной дорожной инфраструктуры. К тому же придётся поменять и целый ряд вовсе не связанных с автомобилями законов, поскольку, к примеру, водительские права в США сейчас — едва ли не главный удостоверяющий личность документ. И с отмиранием же частного автомобилевладения им необходимо будет подыскать не менее удобную альтернативу.

Как подчеркнул Хитоси Масуда, генеральный директор Jetro Berlin (германского представительства японской внешнеторговой организации), автомобили неумолимо собирают с человечества кровавую дань. Ежегодно ДТП на планете уносят 1,25 млн жизней, причём более половины погибших — не сами водители и их пассажиры, а мотоциклисты и пешеходы. Автоматизация транспорта, как ожидается оптимистами, уже в самом скором времени приведёт к снижению этого пугающего показателя. Пессимисты же по обыкновению намекают на его возможный рост из-за потенциального несовершенства любого "автопилота" или заложенный разработчиком возможный "идиотизм" искусственного интеллекта.

Американская компания Tesla показала свой первый электромобиль в классе SUV — sport utility vehicle. Машины такого класса, подлинные внедорожники, требуют по-настоящему мощных двигателей и предназначаются для езды по пересечённой местности.

Германия, кстати, издавна славится своей инженерной школой. В частности, Университет Штутгарта представил работы целого ряда ассоциированных с ними коллективов. К примеру, система дополненной реальности позволяет в реальном времени визуализировать воздушные потоки вокруг движущихся объектов, в первую очередь автомобилей, или моделировать, как именно происходило ДТП, на основании информации о финальном положении машин (с учётом тормозных следов, повреждений на объектах по соседству и т. п.). Другая разработка — Blickshift, которая позволяет отслеживать движения глаз пользователя и использовать эту информацию для передачи, скажем, "умному" помощнику водителя, интегрированному в современный автомобиль. Доступа к рулевой колонке и

педали газа у такого помощника нет, однако он способен облегчать управление автомобилем, подстраиваясь под текущие нужды водителя. Например, если с боковой улочки на дорогу выезжает велосипедист, а человек за рулём его не видит (продолжает смотреть прямо по курсу, что как раз фиксирует Blickshift), "умный" помощник обратит на новое препятствие внимание водителя и выделит велосипедиста на лобовом стекле предупреждающим знаком, используя встроенный под лобовое стекло курсовой проектор.

Компания Hewlett Packard Enterprise (HPE) особое место отвела edge computing — новому слову в структурировании данных, которые непрерывным потоком генерируют самые разнообразные элементы IoT. Существенная доля такой информации — "сырые" данные с "умных" датчиков, видеопотоки с камер наблюдения и т. п. должны обрабатываться непосредственно на переднем крае (edge), там, где она и добывается. Далее по каналам связи экспертные системам и/или живым операторам будут транслироваться уже структурированные, максимально пригодные для анализа и принятия решений данные. По мере того как IoT станет всё основательнее проникать в нашу жизнь, обходиться без edge computing будет всё сложнее и сложнее. Поэтому нам лучше закругляться.

А ведь раньше всё было так просто...

*По материалам **PCMag, Euronews, Huawei, PCWeek, 3DNews, ComNews, CNews.***

Многоканальная усилительная структура в УМЗЧ класса D

А. ЛИТАВРИН, г. Березовский Кемеровской обл.

Окончание. Начало см. в "Радио", 2017, № 6

УМЗЧ

Усилитель мощности, структурно изображённый на схеме рис. 2, назовём его ВУМ4, состоит из главного канала на ОУ 6DA1, корректирующего усилителя мощности (КУМ) (**рис. 3**) и мощного канала усиления. Мощный канал усиления состоит из усилителя на ОУ 6DA2 и мощного усилителя класса D (**рис. 4**). Сумматор на выходе ВУМ4 (6C4, 6C5, 6L2, 6L1) объединяет сигналы, поступающие от ОУ 6DA1, от КУМ и от мощного усилителя класса D.

Стрелки на рисунках указывают направление пути следования сигнала, причём маломощный сигнал показан одиночной стрелкой, а мощный — двойчен стопроцентной ООС на ВЧ. В качестве главного канала, который осуществляет общее управление, применён радиочастотный ОУ. Это позволяет получить крайне малое время реакции петли ООС и её работу в широкой полосе частот (до 200 МГц).

Корректирующий усилитель мощности (см. рис. 3) предназначен для "уточнения" сигнала непосредственно на выходе ВУМ4 (КТ1). Этот ВЧ-усилитель обладает высоким быстродействием (эквивалентным граничной частоте 50 МГц) и состоит из радиочастотного ОУ 7DA1 и дополнительного повторителя на транзисторах 7VT1—7VT6. Его импульсная выходная мощность превышает 10 Вт.

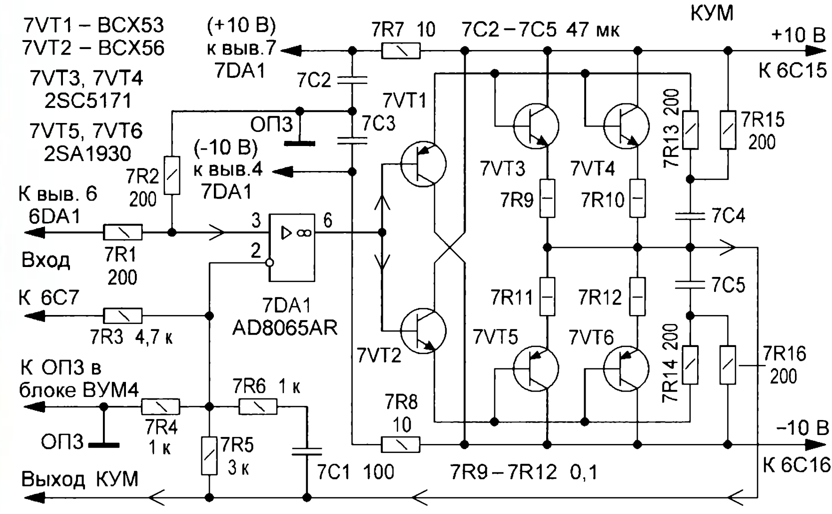


Рис. 3

ной. Внутренний выход усилителя ВУМ4 обозначен на схеме как контрольная точка КТ1, которая выделена утолщением. Нумерация элементов в этой структурированной схеме начинается с дополнительного цифрового префикса 6. В ранее опубликованных схемах блоков ВУМ1 и ВУМ2 [1], а также ВУМ3 [2] есть свои префиксы в нумерации элементов — соответственно 3, 4 и 5.

Отдельный префикс 7 в нумерации элементов на рис. 3 имеет и корректирующий усилитель мощности. Для схемы мощного усилителя класса D (рис. 4) введён префикс 8. Следует обратить внимание, что отсутствие префикса в нумерации элементов означает (см. ниже), что эти элементы находятся в блоке ПУС (рис. 5 в [1]).

Структура ВУМ4 в целом идентична структуре усилителя ВУМ3 [2]. Принцип работы ВУМ4 аналогичен работе блоков ВУМ1 и ВУМ2 (рис. 6, 7 в [1]) и ВУМ3 (рис. 1 в [2]). Сам усилитель ВУМ4 охвачен стопроцентной ООС на ВЧ.

Коэффициент передачи КУМ на частотах ниже 2 МГц, с учётом входного делителя, равен двум:

$$К_{ус\,КУМ} = [(7R5/7R4) + 1] / [(7R1/7R2) + 1].$$

На частотах выше 5 МГц конденсатор 7C1 местной ООС на ВЧ переводит этот усилитель в режим с усилением менее единицы.

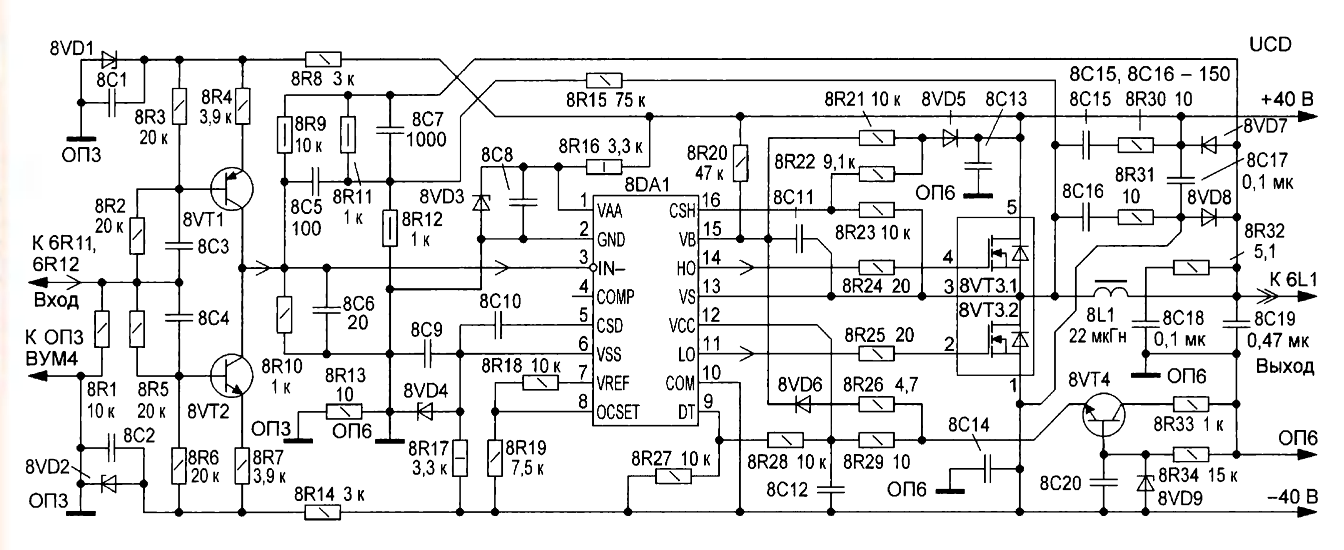
Мощный усилитель (рис. 4), работающий в классе D, собран на микросхеме 8DA1 IRS2092S [5] и транзисторах сборки 8VT3 IRFI4019H-117P [6]; его выходная мощность достигает 100 Вт. Входная часть этого усилителя представляет собой инвертирующий усилитель с высокоомным выходом на транзисторах 8VT1, 8VT2; резисторы 8R4, 8R7 задают его крутизну преобразования напряжение—ток.

Петля ООС (с резистором 8R9) задаёт коэффициент передачи усилителя класса D:

$$К_{ус\,D} = 8R9 / [(8R4 \times 8R7) / (8R4 + 8R7)] \approx$$
$$\approx 5.$$

Структура и принципы работы этой ООС были подробно рассмотрены ранее в начале статьи. Выходная часть

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



8VD1, 8VD2, 8VD9 – BZV55C15V; 8VT1 – BCX53-16; 8C1–8C4, 8C8–8C12, 8C20 – 22 мк х 25 В; 8VT4 – TIP31C; 8DA1 – IRS2092S
8VD3, 8VD4 – BZV55C5V6; 8VT2 – BCX56-16; 8C13, 8C14 – 47 мк х 50 В; 8VD5–8VD8 – MURS120T3; 8VT3 – IRFI4019H-117P

Рис. 4

схемы мощного усилителя полностью идентична схеме, рекомендованной производителем для IRDAUM7S [7]. Усилитель обладает определённым запасом по напряжению питания.

Главный канал (ОУ 6DA1) осуществляет замыкание петли ООС блока ВУМ4 с помощью элементов 6C4 и 6C5, 6R5. Сигнал с выхода ОУ 6DA1 через эти элементы поступает на выход ВУМ4 в точку КТ1. Далее через цепь ООС 6C3, 6R7 сигнал возвращается на инвертирующий вход ОУ 6DA1, этим замыкается петля ООС на ВЧ (выше 50 МГц, когда КУМ теряет усиление).

Одновременно сигнал с выхода ОУ 6DA1 приходит и на вход корректирующего усилителя мощности на ОУ 7DA1 и далее на транзисторы 7VT1—7VT6. Соответственно главный канал на ОУ 6DA1 с помощью этого усилителя "уточняет" сигнал на выходе ВУМ4. То есть с его выхода (7VT3—7VT6) через катушку индуктивности 6L2 сигнал поступает на выход ВУМ4 в точку КТ1, этим замыкается петля ООС в полосе частот 50 кГц... 50 МГц.

Усилитель на ОУ 6DA2 усиливает входной сигнал с заданными АЧХ и ФЧХ и подаёт его на сумматор из резисторов 6R11 и 6R12. Другой сигнал на сумматор поступает с выхода ОУ 6DA1. Суммарный сигнал подаётся на вход мощного усилителя класса D на IRS2092 и IRFI4019. С выхода усилителя класса D через 6L1 мощный сигнал поступает на выход ВУМ4 в точку КТ1; этим замыкается петля ООС на частотах ниже 50 кГц.

Обозначенные выше усилительные каналы являются основными. Но в дополнение к ним имеются ещё два вспомогательных канала для дополнительного прохождения сигнала на выход ВУМ4 в точку КТ1. Так, через цепь 6C7, 7R3 подаётся сигнал (на частоте переключения и выше) с выхода мощного усилителя класса D на инвертирующий вход ОУ 7DA1 (КУМ). Далее, с его выхода, этот корректирующий сигнал в противофазе поступает на выход ВУМ4 в точку КТ1. Вследствие этого на частотах, близких к частоте переключения, главному каналу (ОУ 6DA1) требуется заметно меньший уровень сигнала. Ещё один вспомогательный канал организован с помощью элементов 6C10, 6R15. Эта цепь позволяет главному каналу с помощью КУМ влиять на сигнал, проходящий через цепь с катушкой индуктивности 6L1. Таким образом, эти цепи заметно уменьшают (в несколько раз) уровень сигнала с тактовой частотой на выходе главного канала (ОУ 6DA1) и тем самым на выходе ВУМ4 (КТ1).

Сумматор на резисторах 6R11, 6R12 объединяет сигналы от ОУ 6DA1 и 6DA2, но одновременно и уменьшает их уровень. На вход усилителя класса D поступит соответственно менее 20 % и 80 % уровня сигналов от этих ОУ. Цепь 6R13, 6C6 дополнительно уменьшает сигнал с тактовой частотой на входе усилителя класса D.

Основная часть сигнала на выходе мощного усилителя класса D состоит из сигнала, поступившего с выхода ОУ 6DA2. Общий коэффициент передачи в тракте мощного канала усиления на ОУ 6DA2 и усилителя класса D, с учётом уменьшения сигнала в сумматоре, должен быть равен коэффициенту передачи блока ВУМ4, заданному соотношением 6R7 / (6R6 + R32) = 5. Главный канал на ОУ 6DA1 в небольших пределах корректирует (уточняет) сигнал на входе мощного усилителя класса D (6R12 ≫ 6R11). Это связано с необходимостью иметь достаточно большой коэффициент ослабления сигнала, приходящего с выхода ОУ 6DA1. В целом этот коэффициент деления приблизительно равен коэффициенту передачи мощного усилителя класса D:

$$(6R12 / 6R11) + 1 = K_{ус\ D} = 5 \approx 8R9 / [(8R4 \times 8R7) / (8R4 + 8R7)].$$

Это означает, что суммарный коэффициент передачи тракта — от выхода ОУ 6DA1 до выхода мощного усилителя класса D — почти равен единице. Вместе с тем, коэффициент передачи от выхода ОУ 6DA1 до выхода корректирующего усилителя мощности равен 2 ($K_{ус\ КУМ} = 2$). При этом главный канал на ОУ 6DA1 обладает приоритетом (2 > 1) и может эффективно корректировать сигнал на выходе ВУМ4 (в точке КТ1) с помощью КУМ, в частности, в области частот, где качество усиления усилителя класса D существенно снижается.

Однако это верно только в том случае, если усилитель работает в линейном режиме. Если же усилитель работает в режиме возбуждения или ограничения, то это эквивалентно резкому увеличению усиления (много больше единицы) в тракте мощного канала усиления. Как следствие, главный канал на ОУ 6DA1 не будет обладать существенным приоритетом и не сможет эффективно корректировать сигнал на выходе ВУМ4.

Приоритет главного канала на замыкание петли ООС во многом зависит от коэффициента передачи усилителя КУМ ($K_{ус\ КУМ} = 2$). Понятно, что чем больше его коэффициент передачи и больше ёмкость конденсаторов 6C8 и 6C9, тем лучше и эффективней главный канал может корректировать (уточнять) сигнал на выходе ВУМ4.

Таким образом, получена схема усилителя, в котором обеспечивается реализация некоторых предельных критериев: крайне малое ВРП ООС, стопроцентная ООС на ВЧ. Однако в этом усилителе отсутствует стопроцентная ООС на НЧ (т. е. на звуковых частотах), а прецизионность (точность) ООС относительно низкая, что обусловлено большим нелинейным сигналом на выходе ОУ 6DA1. Кроме того, общий запас усиления в петле ООС ВУМ4 относительно мал.

Крайне малое ВРП ООС при стопроцентной ООС на ВЧ позволяет применить подобный усилитель как один из вариантов внешнего усилителя мощности (ВУМ4), т. е. как мощный усилительный канал для УМЗЧ, который опубликован в [1] (см. там рис. 5). В нём главный канал на ОУ DA3 замыкает

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

петлю ООС на ВЧ, контролируя сигнал на выходе УМЗЧ в точке КТ2, и одновременно управляет блоком ВУМ. Прецизионный усилитель на ОУ DA4 окончательно формирует (уточняет) выходной сигнал УМЗЧ (в точке КТ2) исходя из своей прецизионной, стопроцентной как на ВЧ, так и на НЧ, гиперглубокой общей ООС.

Каждый из ОУ DA4, DA3 и 6DA1 "нормализирует" сигнал в точке подключения своей ООС и обладает усилением в 70 дБ на частоте 20 кГц. Общий же коэффициент усиления в петлях ООС, с учётом трёх радиочастотных ОУ и мощного усилителя класса D, составит около 3 × 70 + 30 = 240 дБ.

ПУС. В этом случае сигнал следует подать в точку соединения левых по схеме выводов резисторов 6R1 и 6R6 (Вход 1), а левый вывод резистора 6R3 (Вход 2) следует соединить с ОП3.

В качестве источника питания напряжением +/–9 В может быть применён любой достаточно качественный источник питания. Для корректирующего ВЧ-усилителя целесообразно применение отдельного двухполярного источника питания напряжением +/–9...10 В при токе до 1 А, причём он может быть и нестабилизированный.

Элементы фильтров питания усилителей (см. рис. 2) показаны как бы отдельно и расположены справа от

Здесь применён быстродействующий ОУ AD8065, он весьма качественно осуществляет ограничение своего выходного сигнала по амплитуде. Мощный усилитель класса D усиливает этот ограниченный сигнал, но при этом сам в режим ограничения не входит.

На последующих иллюстрациях показана работа ВУМ4 при ограничении сигнала с частотой 1 кГц в виде осциллограмм с экрана осциллографа OWON DS7102V. Каждая группа содержит по пять осциллограмм, из них три — сине-голубого цвета, они характеризуют режим работы ОУ 6DA2. Верхняя и нижняя прямые линии показывают напряжение на шинах питания ОУ 6DA2, а

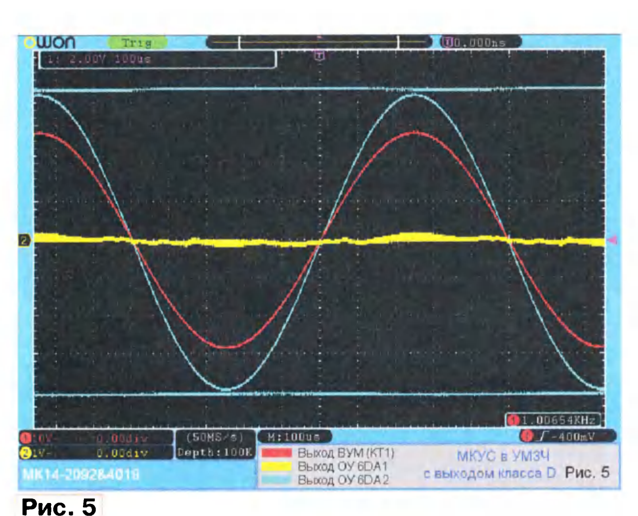


Рис. 5

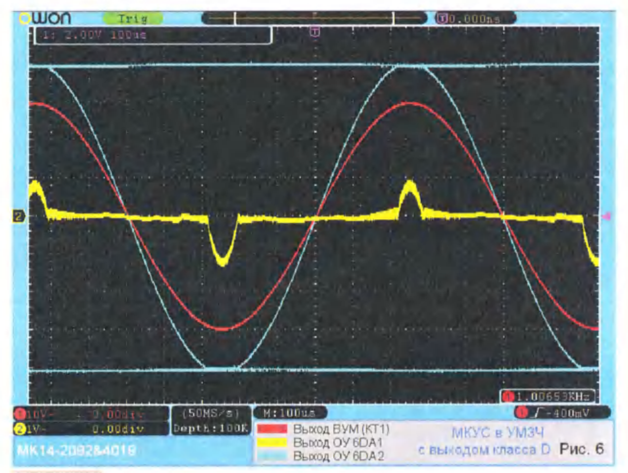


Рис. 6

Усилители в блоках ПУС (рис. 5 в [1]) и ВУМ4 должны иметь идентичные коэффициенты передачи, причём с учётом усиления предварительного усилителя общее усиление должно быть равно $K_{ус\ умзч}$. Соответственно для блока ВУМ4 получаем соотношение

R17 / [(R15 × R16) / (R15 + R16)] × × [6R7 / (R31 + 6R6)] = $K_{ус\ умзч}$ = R33 / 2R10.

В этих формулах отношение R17 / / [(R15 × R16) / (R15 + R16)] задаёт коэффициент передачи (усиление) предварительного усилителя (ОУ DA1 и ОУ DA2) в блоке ПУС.

Частоты среза петли ООС в блоке ВУМ4 и ООС в блоке ПУС должны быть равны при равенстве четырёх постоянных времени:

R33 × C17 = R30 × C16 = 6R7 × 6C3 = = 6R2 × 6C1.

Соответственно частота среза УМЗЧ $F_{среза} = 1 / (2\pi \times R33 \times C17)$ = 100 кГц.

Как и в предыдущих версиях выносных усилителей мощности ВУМ1, ВУМ2 [1], ВУМ3 [2], усилитель ВУМ4 имеет два входа: основной вход (инвертирующий) и уточняющий вход (неинвертирующий). Однако на схеме имеются как бы три входа: на левые выводы резисторов 6R1 и 6R6 подаётся идентичный сигнал от одного источника с выхода DA2 (рис. 5 в [1]) через разные дополнительные резисторы — R31 и R32.

Безусловно, усилитель ВУМ4, представленный на рис. 2, может работать и сам по себе, т. е. без дополнительной управляющей структуры типа блока

основной схемы. В реальной конструкции конденсаторы 6С11—6С20 расположены в непосредственной близости от соответствующих усилительных узлов. Все конденсаторы в усилителе ВУМ4 — керамические, за исключением 6С11, 6С12 (оксидные) и 8С19 (плёночный).

Следует подчеркнуть, что все катушки индуктивности в блоках, как ПУС, так и всех версий ВУМ, через которые протекает мощный выходной ток (L1; L2; L3; 3L1; 4L1; 5L1; 6L1), идентичны, а их описание дано в [1]. Однако для усилителя ВУМ4 это верно только в том случае, если будет отсутствовать RC-цепь 6С10, 6R15. При наличии такой цепи резистор 6R15 подключают к дополнительной обмотке.

Катушка индуктивности 6L2 служит для увеличения выходного сопротивления корректирующего усилителя мощности на частотах выше 10 МГц. Эта катушка имеет низкую добротность и рассчитана на ток до 2 А. В крайнем случае возможно применить катушку индуктивности типоразмера 1206 для поверхностного монтажа.

Рассмотрим работу блока ВУМ4 при перегрузке, т. е. режим работы усилителя при ограничении сигнала. Обычно ограничение сигнала происходит на выходе УМЗЧ (т. е. по питанию), что необходимо для формирования предельно возможного выходного напряжения. В случае с ВУМ4 ограничение сигнала происходит на входе блока в усилителе на ОУ 6DA2.

третья (с формой синусоиды) — выход этого ОУ. Осциллограммы красного и жёлтого цвета — соответственно выход усилителя класса D и выход главного канала блока ВУМ4 (ОУ 6DA1).

На **рис. 5** приведены осциллограммы при работе всех внутренних каналов в линейном режиме. На осциллограммах **рис. 6** и **рис. 7** показан режим работы, где ОУ 6DA2 начинает работать в режиме ограничения. Но здесь главный канал на ОУ 6DA2 выявляет эти негативные изменения в усилителе и добавляет необходимый дополнительный сигнал. На **рис. 8** показан режим работы, где на выходе ОУ 6DA2 возникает большое ограничение сигнала. Для удобства наблюдения (рис. 8) сигнал (осциллограмма красного цвета) на выходе усилителя класса D инвертирован.

Главный канал на ОУ 6DA1 здесь уже не может полностью компенсировать сильное ограничение сигнала на выходе ОУ 6DA2, так как он сам входит в режим ограничения. Соответственно на вход мощного усилителя класса D поступает ограниченный сигнал, который он и усиливает (масштабирует). С выхода усилителя класса D этот мощный сигнал поступает на выход блока ВУМ4 (КТ1) и далее на выход блока ПУС (КТ2).

На время ограничения этого сигнала (**рис. 9**) главный канал блока ВУМ4 (ОУ 6DA1), главный канал блока ПУС (ОУ DA3) и прецизионный усилитель (ОУ DA4) входят в режим ограничения. Это

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

значит, что контроль гиперглубокой общей ООС за режимами работы всех внутренних каналов усилителя выключен. После устранения перегрузки усилителя (т. е. уменьшения входного сигнала до номинального) все внутренние каналы усилителя возвращаются в рабочий режим.

на ранее в статьях [1, 2]. Весьма удобно сравнить данные осциллограммы (файлы) с аналогичными из [1, 2]. Сокращённые обозначения в названии конкретного графического файла, видимые на скринах ниже осциллограмм, характеризуют соответствующий режим измерений.

ВУМ4 на частотах выше 10 кГц параметры сигнала на выходе мощного усилителя класса D существенно ухудшаются. Это снижает неискажённую выходную мощность на частотах выше 10 кГц.

Сигнал на выходе главного канала ВУМ4 ОУ 6DA1 характеризует качество (точность) сигнала в точке КТ1. В общем

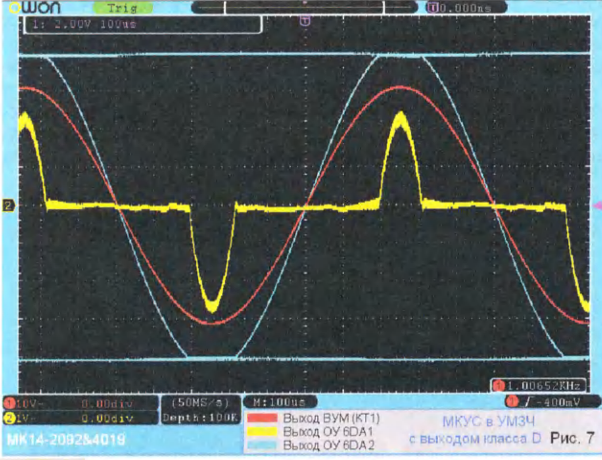


Рис. 7

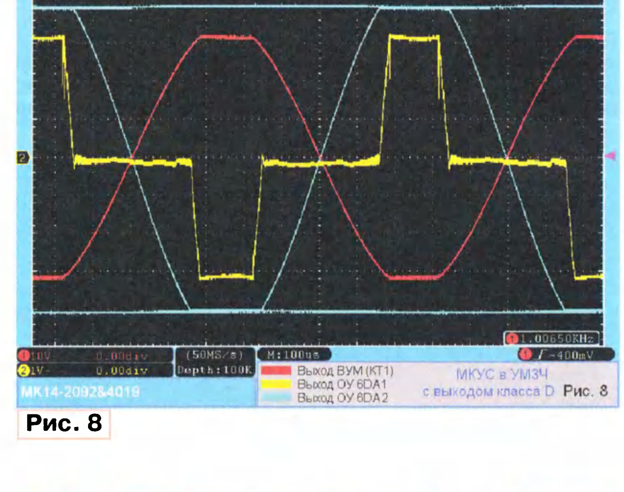


Рис. 8

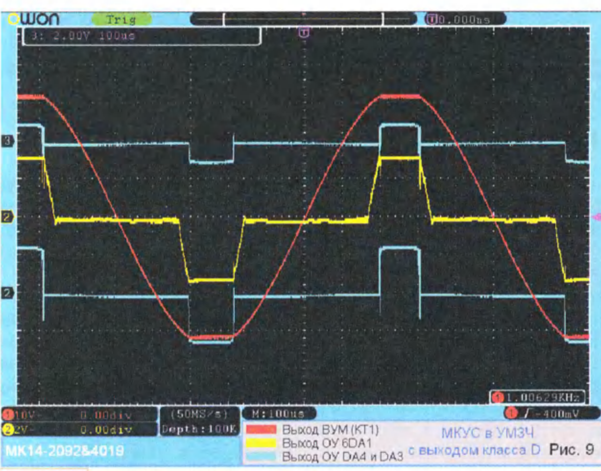


Рис. 9

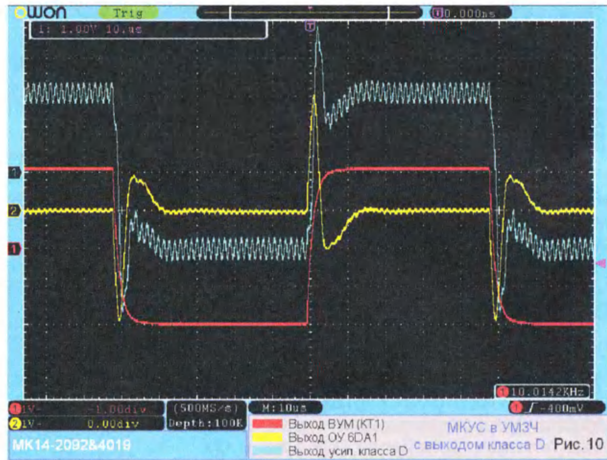


Рис. 10

Здесь осциллограммы красного и жёлтого цвета показывают сигнал на выходе блока ВУМ4 (КТ1) и на выходе главного канала блока ВУМ4 (ОУ 6DA1). Эпюры сине-голубого цвета характеризуют режим работы главного канала в блоке ПУС (ОУ DA3) и прецизионного усилителя на ОУ DA4. Они для лучшего наблюдения сдвинуты вверх и вниз на три деления.

На **рис. 10** показана работа усилителя в режиме малого сигнала при испытании входным сигналом типа меандр частотой около 10 кГц. Осциллограммы красного цвета показывают сигнал на выходе блока ВУМ4 (КТ1), а сине-голубого и жёлтого цвета — на выходе мощного усилителя класса D и на выходе главного канала блока ВУМ4 (ОУ 6DA1). Для лучшего наблюдения сине-голубая осциллограмма сдвинута на одно деление вверх.

Далее представлена методика измерений, подобная той, которая приведе-

Соответственно MK14 — версия усилителя, обозначение 2092&4019 указывает на тип выходного каскада усилителя, обозначения PUS или BUM характеризуют измерения в блоке ПУС или ВУМ. Обозначения SIN или MEAN характеризуют режим измерений при подаче на вход УМЗЧ синусоидального сигнала (10 кГц) или сигнала меандр (50 кГц). Обозначения RX или R4 в конце файла характеризуют режим измерений — УМЗЧ без нагрузки (RX) или с подключённой нагрузкой сопротивлением 4 Ом (R4).

Для лучшего отображения при измерениях сигналом меандр один из лучей (сине-голубой) смещён на одно деление вперёд (влево), а его параметры указаны в левом верхнем углу.

Следует отметить, что при аналогичных измерениях в ВУМ1—ВУМ3 [1, 2] использован синусоидальный сигнал частотой 20 кГц. В данном усилителе

случае здесь можно отметить, что в сигнале на выходе главного канала ВУМ4 ОУ 6DA1 явно присутствуют артефакты, т. е. различные искажения, включая сигнал с тактовой частотой. Это свидетельствует о том, что качество работы выходного каскада усилителя класса D существенно уступает качеству работы выходных каскадов ВУМ1, ВУМ2, ВУМ3 [1, 2].

Одновременно с этим сигнал на выходе главного канала ПУС ОУ DA3 характеризует качество (точность) сигнала в точке КТ1 (см. осциллограммы сине-голубого цвета в этих же файлах). Уровень сигнала на выходе ОУ DA3 намного меньше уровня сигнала на выходе ОУ 6DA1, и при этом сигнал более линеен. Это означает, что сигнал на выходе УМЗЧ (в точке КТ2) обладает намного большей линейностью по отношению к сигналу в точке КТ1. Важно отметить, что уровень сигнала на выходе

прецизионного усилителя на ОУ DA4 весьма мал (т. е. на всех рисунках с обозначением PUS) и не зависит от режима измерений.

Здесь удобно оценить работу разных версий блоков ВУМ. Если сравнить группу ВУМ1, ВУМ2 и группу ВУМ3, ВУМ4, то видно, что во второй группе каждый ВУМ имеет в своей структуре два дополнительных усилителя: соответственно 5DA2 (или 6DA2) и корректирующий ВЧ-усилитель средней мощности. Это обусловлено тем, что эффективность действия ООС в первой группе намного выше в сравнении с группой ВУМ3, ВУМ4, что связано с высоким быстродействием мощного выходного каскада в усилителях ВУМ1, ВУМ2.

Если сравнить различия в работе ВУМ3 и ВУМ4, то они в основном связаны с необходимостью большего запаса выходной мощности в корректирующем усилителе, который имеется в ВУМ4. Как следствие, здесь требуется быстродействующий и значительно более мощный ВЧ-усилитель, допускающий работу на низкоомную нагрузку. Это, в первую очередь, связано с большим ВРП ООС в усилителе класса D.

Таким образом, можно сделать обобщающий вывод, что в УМЗЧ на основе многоканальных усилительных структур со стопроцентной гиперглубокой ООС достигаются весьма высокие качественные характеристики. Даже в том случае, если параметры мощного выходного каскада усилителя класса D относительно низкие, особенно на высоких звуковых частотах. Это, впрочем, не исключает принятия мер в минимизации помех от сильноточных цепей УМ класса D, что достигается рациональным монтажом и экранированием.

ЛИТЕРАТУРА

7. IRDAUM7S. Datasheet. — URL: **http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/519482/IRF/IRAUDAMP7S.html** (14.02.17).

Компактный двухканальный УМЗЧ с импульсным источником питания

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

По сравнению с источниками питания на основе сетевого понижающего трансформатора так называемые импульсные обычно имеют больший КПД, меньшие массу и габариты. Однако для питания УМЗЧ как в самодельных, так и в промышленных конструкциях импульсные источники питания (ИИП) используются нечасто. В былые времена многие из них были относительно дорогостоящими, ненадёжными, работали на относительно низкой частоте преобразования, были источником заметных помех для звукоусилительных устройств. Современные ИИП могут быть лишены недостатков предшественников, и их применение в УМЗЧ не вызывает каких-либо трудностей.

Для питания предлагаемого вниманию читателей УМЗЧ было решено использовать готовый ИИП с маркировкой "DVD9909A" (от DVD-проигрывателя Akai A-4191). Его номинальная мощность — около 20 Вт, выходное напряжение — +5, +12 и −12 В. К сожалению, вторичные обмотки импульсного трансформатора и выпрямители для получения двух последних значений напряжения рассчитаны на небольшой ток, поэтому для того, чтобы ИИП можно было использовать для питания УМЗЧ, его пришлось немного доработать: переделать импульсный трансформатор, заменить некоторые детали, добавить несколько новых. Схема доработанного устройства показана на **рис. 1**. Позиционные обозначения деталей соответствуют маркировке на плате, все элементы с обозначениями, отсутствующими на схеме, удалены, обозначения дополнительно установленных деталей начинаются с префикса 1.

Импульсный трансформатор T1 дорабатывают, не разбирая магнитопровод, — благодаря относительно большим зазорам в его окнах и открытой секционированной конструкции катушки это не вызывает затруднений. Обмотка I намотана в двух крайних секциях, обмотки обратной связи (II) и выходного напряжения +5 В (III) занимают по одной секции, ещё одна занята обмотками для получения значений напряжения +12 и −12 В. Эти две обмотки удаляют, а на их место наматывают пять витков сложенного втрое обмоточного провода диаметром 0,33 мм. Новая обмотка обозначена на схеме римской цифрой IV. Её соединяют последовательно с обмоткой III, которая ранее использовалась с выпрямителем напряжения +5 В. При правильном соединении суммарная индуктивность обмоток III и IV должна быть больше индуктивности каждой из них. Переделанный трансформатор устанавливают на его место на монтажной плате.

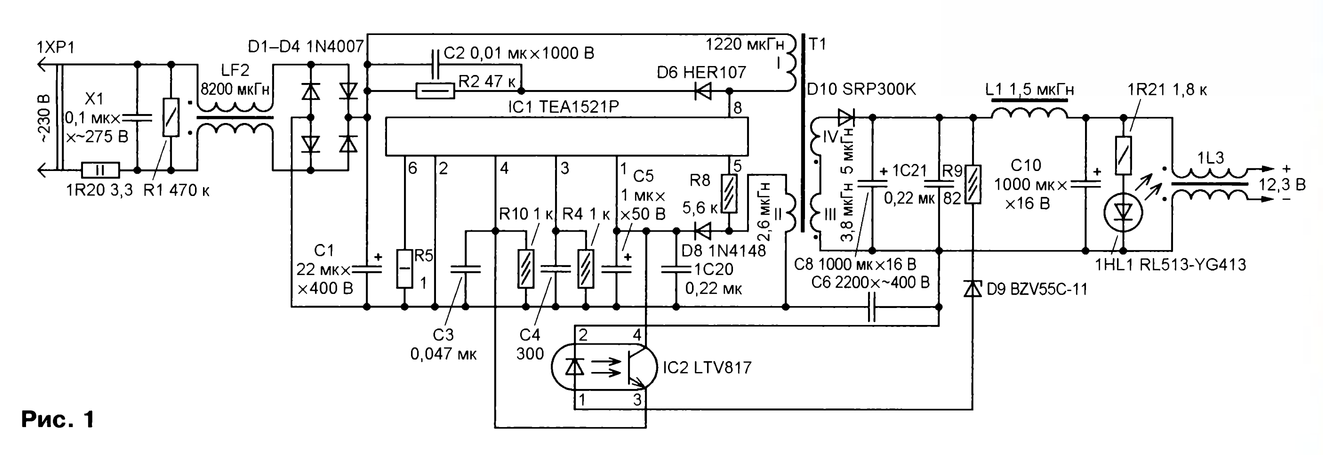


Рис. 1

Чтобы уместить ИИП в выбранный для конструкции корпус, его плата укорочена до 81 мм (ширина осталась прежней — 46 мм). Для этого с неё пришлось удалить контактные гнёзда и держатель плавкой вставки. Вместо последней был установлен проволочный резистор 1R20, который будет выполнять её функцию, а также дополнительно ограничивать импульсный ток в момент подачи напряжения сети 230 В.

Двухобмоточный дроссель LF2, быстро пришедший в негодность из-за микродеформаций платы, заменён аналогичным. Резистор R1 заменён резистором такого же номинала с мощностью рассеяния 1 Вт. Параллельно оксидному конденсатору C5 подключён керамический 1C20.

Все элементы, относящиеся к выпрямителям напряжения +12 и −12 В, и подключённый параллельно конденса-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

тору C8 нагрузочный резистор R11 сопротивлением 150 Ом с платы удалены. Вместо диода Шотки SR360 (D10) установлен быстрый высоковольтный кремниевый диод SRP300K, а вместо венный МОН. Конденсаторы 1C20, 1C21 — керамические для поверхностного монтажа (SMD), припаяны к выводам соответствующих оксидных конденсаторов.

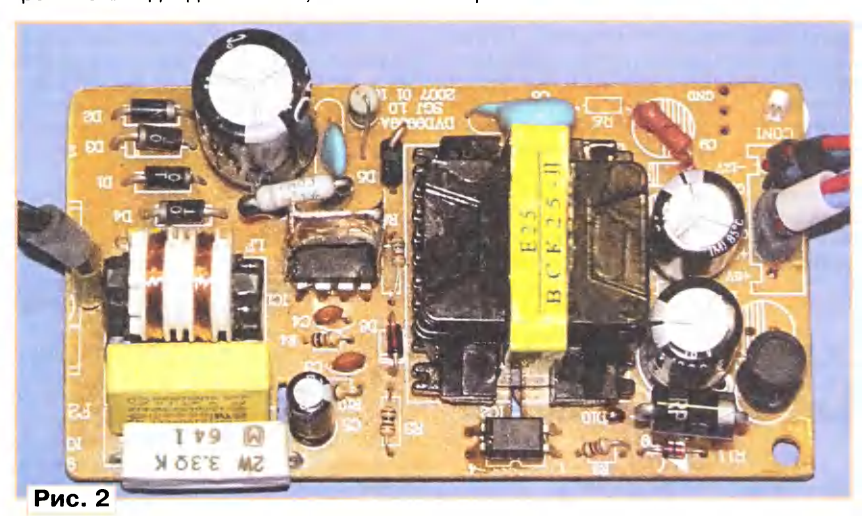


Рис. 2

тажного провода в ПВХ-изоляции, намотанных на кольцевом магнитопроводе внешним диаметром 15 мм из низкочастотного феррита. Стабилитрон BZV55C-11 заменим любым из 1N4741A, TZMC-11, КС211Ж, 2С211Ж, а светодиод RL513-YG413 зелёного цвета свечения — любым аналогичным непрерывного свечения без встроенного резистора, например, из серии КИПД35.

После описанной доработки на выходе импульсного источника питания формируется стабилизированное напряжение около 12 В при токе нагрузки до 1,5 А. Монтажная плата доработанного ИИП показана на **рис. 2**.

Схема двухкананального УМЗЧ представлена на **рис. 3**. Его основа — интегральная микросхема KIA8207K, представляющая собой двухканальный двухтактный УМЗЧ с однополярным питанием. Её напряжение питания может быть любым в пределах 6...15 В, максимальная выходная мощность — около 5 Вт в каждом канале, максимальная рассеиваемая микросхемой мощность — 12,5 Вт.

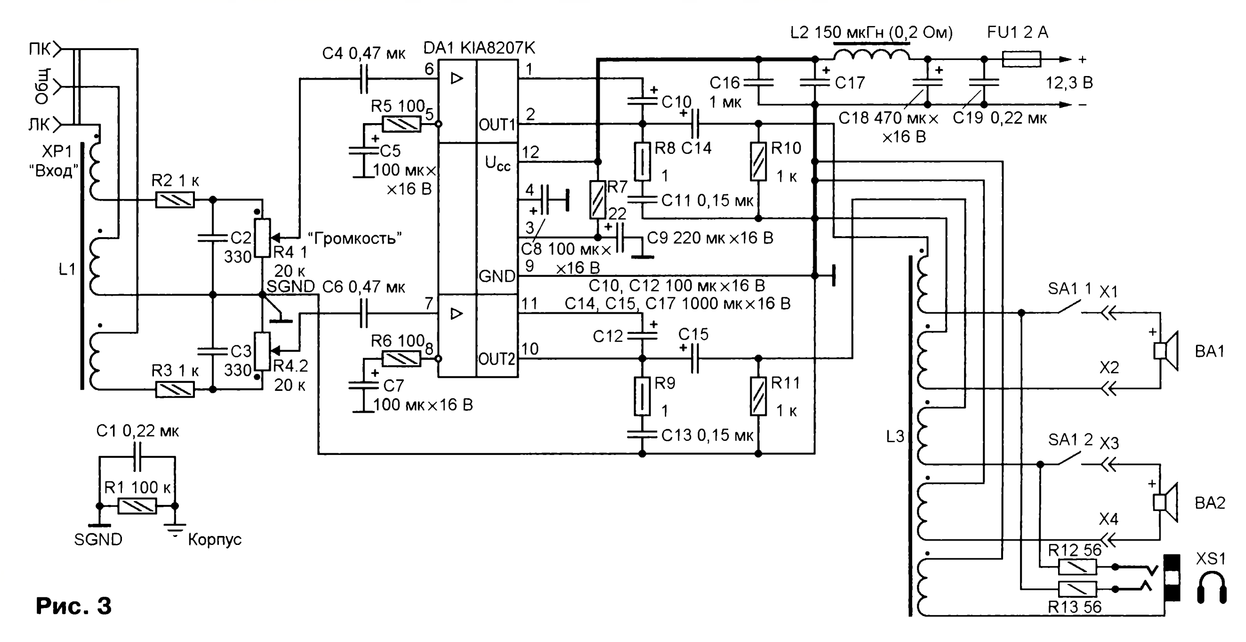


Рис. 3

оксидного конденсатора C8 (2200 мкФ, 10 В) — конденсатор ёмкостью 1000 мкФ с номинальным напряжением 16 В. Такой же конденсатор установлен на место C10, который пришлось передвинуть на освободившееся место на монтажной плате. Параллельно C8 припаян керамический конденсатор 1C21.

Для индикации наличия выходного напряжения добавлены светодиод 1HL1 и токоограничивающий резистор 1R21. Дополнительный двухобмоточный дроссель 1L3 находится вне монтажной платы. Стабилитрон D9 с напряжением стабилизации 4,3 В заменён маломощным стабилитроном на 11 В.

Резистор 1R20 — малогабаритный проволочный сопротивлением 3,3... 12 Ом, с мощностью рассеяния 1...3 Вт. Резистор R5 — безындукционный импортный невозгораемый, при отсутствии такого подойдёт, например, отечественный МОН.

Для лучшего охлаждения микросхемы TEA1521P (а следовательно, и повышения надёжности источника питания) к нижней стороне её корпуса клеем БФ-2 приклеен А-образный латунный теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности около 4 см^2. После трёхдневной сушки при комнатной температуре микросхема вновь установлена на старое место, при этом другой стороной теплоотвод дополнительно приклеен к монтажной плате. При повторении конструкции не забудьте перед нанесением клея тщательно подготовить склеиваемые поверхности (очистить от грязи и окислов, обезжирить, высушить) и проследите за тем, чтобы не установить микросхему зеркально и чтобы теплоотвод не соприкасался ни с одним из выводов микросхемы.

Дроссель 1L3 — пять витков сложенного вдвое многожильного мон-

Напряжение ЗЧ поступает на регулятор громкости — сдвоенный переменный резистор R4 — через дроссель L1 и резисторы R2, R3. Конденсаторы C2, C3 препятствуют поступлению на вход усилителя колебаний РЧ. С движков переменного резистора стереосигнал через разделительные конденсаторы C4, C6 поступает на неинвертирующие входы каналов микросхемы DA1. Усиленные сигналы с её выходов через разделительные конденсаторы C14, C15, дроссель L3 и замкнутые контакты двухполюсного выключателя SA1 поступают на подключённые к выходу УМЗЧ громкоговорители (АС) BA1 и BA2. Конденсаторы C10, C12 — вольтодобавка. Демпфирующие цепи R8C11 и R9C13 препятствуют самовозбуждению микросхемы DA1 на ультразвуковых частотах. Резисторы R10, R11 препятствуют появлению щелчка при под-

РАДИО®
ЗВУКОТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ключении нагрузки к работающему УМЗЧ.

Коэффициент усиления микросхемы по напряжению при установке движков переменного резистора R4 в положение, соответствующее максимальной громкости, — около 200. Это очень большое усиление, позволяющее подключать УМЧЗ практически к любому источнику сигнала, но одновременно растут требования к оптимальной компоновке узлов устройства и экранированию его входных сигнальных цепей. К гнезду XS1 можно подключить головные стереотелефоны, резисторы R12, R13 ограничивают поступающую на них мощность.

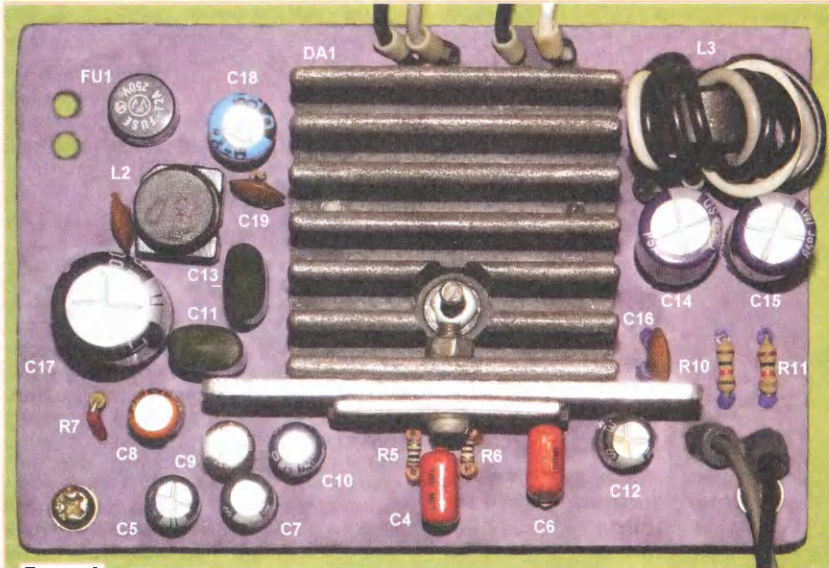


Рис. 4

Питается микросхема DA1 от описанного выше источника через фильтр C18C19L2C16C17. Для предотвращения негативных последствий от случайных замыканий металлический корпус конструкции соединён с сигнальным общим проводом через параллельную цепь R1C1 (показана в левом нижнем углу рис. 3).

УМЗЧ смонтирован на плате размерами 98×66 мм из стеклотекстолита, монтаж — двухсторонний навесной (**рис. 4**). После проверки работоспособности монтажная плата покрыта с обеих сторон густым цапонлаком.

Возможная замена микросхемы KIA8207K — TA8207K. Микросхема установлена на ребристый дюралюминиевый теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности 80 см^2 (одна сторона). К теплоотводу клеем БФ-2 приклеены резиновые изоляторы, предотвращающие его касание с верхней крышкой корпуса, а под ним в монтажной плате просверлены дополнительные вентиляционные отверстия. Теплоотводящий фланец микросхемы DA1 электрически соединён с выводом 9.

Выключатель SA1 — ПД11-6, одноимённые контакты неиспользуемых (по схеме) групп контактов подключены параллельно используемым. Металлический корпус выключателя соединён с выводом отрицательной обкладки конденсатора C17. Дроссель L1 содержит пять витков сложенного втрое многожильного монтажного провода, намотанных на кольцевом магнитопроводе диаметром 10 мм из низкочастотного феррита, а L3 — столько же витков сложенных вместе пяти многожильных монтажных проводов в ПВХ-изоляции сечением по меди 0,75 мм^2, намотанных на ферритовом кольце диаметром 15 мм. Дроссель L2 — готовый промышленного изготовления, намотан на Н-образном ферритовом магнитопроводе, сопротивление обмотки — не более 0,2 Ом, индуктивность — чем больше, тем лучше. Такие дроссели часто применяются в узлах коррекции растра импортных кинескопных телевизоров, мониторов и в импортных импульсных БП.

Для регулирования громкости (R4) подойдёт сдвоенный переменный резистор сопротивлением 4,7...50 кОм (чем меньше его сопротивление, тем лучше). Его металлический экран соединён с общим проводом. Все сигнальные цепи в УМЗЧ выполнены экранированными проводами. Постоянные резисторы — любого типа малогабаритные общего применения. Конденсаторы C4, C6, C11, C13 — плёночные, C2, C3 — керамические (вместе с резисторами R2, R3 они припаяны непосредственно к выводам резистора R4). Конденсатор C16 — также керамический, припаян как можно ближе к соответствующим выводам микросхемы DA1. На конденсатор C17 приклеена изолирующая шайба. Плавкая вставка FU1 — малогабаритная, подойдёт и самовосстанавливающийся предохранитель на рабочий ток 2...2,5 А.

Вместе с источником питания УМЗЧ помещён в стальной корпус размерами 169×95×34 мм от телевизионной DVB-T2-приставки World Vision T40. Модуль питания изолирован от корпуса толстой пластиковой плёнкой. Такая же плёнка приклеена к верхней части корпуса конденсатора C1, который, если этого не сделать, может соприкоснуться с верхней металлической крышкой усилителя.

Если у вас найдётся такой же корпус, учитывайте, что его передняя панель изготовлена из затемнённого органического стекла, поэтому при установке на ней регулятора громкости, выключателя и гнезда для подключения головных телефонов может быть легко повреждена. Вид на компоновку узлов в корпусе показан на **рис. 5**.

Провода, идущие к выключателю SA1, должны представлять собой витые пары, помещённые в толстые ПВХ-трубки, отодвинутые подальше от сигнальных цепей. Сигнальные цепи должны находиться как можно дальше

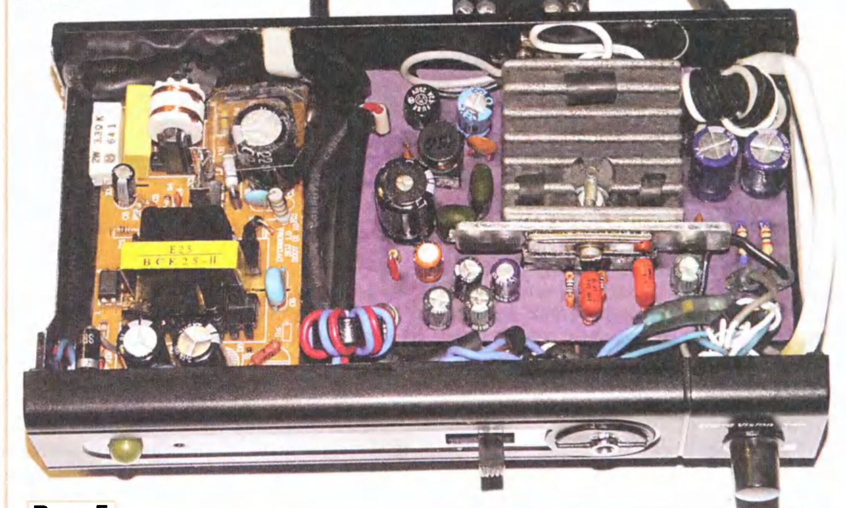


Рис. 5

от ИИП. Сигнальный провод с разъёмом XP1 маркирован цветными термоусаживаемыми трубками, что облегчает его идентификацию, если рядом лежат несколько аналогичных проводов. Если для устройства понадобится выключатель питания сети 230 В, его удобнее смонтировать на шнуре питания, как это обычно делается для раз-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

личных светильников. Масса устройства — всего 430 г, примерно столько же или больше весил бы один понижающий трансформатор, если бы для питания УМЗЧ использовался источник на его основе.

Безошибочно изготовленный из исправных деталей усилитель начинает работать через 1...2 с после подачи напряжения питания 230 В и не требует налаживания. Для проверки его работы можно воспользоваться генератором ЗЧ и осциллографом, с помощью которых определяют отсутствие заметных искажений, помех и самовозбуждения УМЗЧ. При их наличии следует изменить разводку силовых и сигнальных цепей, руководствуясь общими принципами компоновки узлов УМЗЧ.

В режиме нулевой громкости устройство потребляет от сети мощность около 1,2 Вт, при выходной мощности 1...1,5 Вт в каждом канале (на нагрузке сопротивлением 8 Ом) — около 6...8 Вт.

Вместо ИИП, применённого автором, можно использовать любой аналогичный мощностью 20...30 Вт от старых DVD-проигрывателей, переделанный по описанной методике на напряжение 12 В и ток 1,5...2 А. Также подойдёт импульсный блок, описанный в статье автора "Замена микросхемы SD4842P67K65 на FSDH321 в блоке питания S-12-12" ("Радио", 2016, № 12, с. 26), или аналогичный из числа тех, которые обычно используют для питания светодиодных светильников.

При испытаниях УМЗЧ помех на его выходах от импульсного блока питания не было обнаружено ни на слух, ни с помощью осциллографа. Также не было зафиксировано каких-либо помех от работающих рядом мобильных телефонных аппаратов, УМЗЧ не реагировал на их излучение, даже если телефонный аппарат находился на корпусе усилителя. Как показала практика, многочисленные активные АС, старые промышленные усилители даже в полностью металлических корпусах, могут улавливать излучение мобильных телефонов с расстояния в несколько метров.

Схемотехника активных кроссоверов

А. СУХОВ, г. Москва

Применение активных кроссоверов в современной усилительной аппаратуре и активных АС способствует улучшению качества аппаратуры и исключению дорогостоящих конденсаторов большой ёмкости и катушек индуктивности. В этой статье рассматриваются схемы активных фильтров, используемых в качестве кроссоверов.

Введение

Построение акустических систем (АС) с использованием широкополосных излучателей не отвечает требованиям высококачественного воспроизведения высоких и низких частот одновременно. Несмотря на существование АС с широкополосными головками, как промышленных, так и любительских, в большинстве современных АС используют два и более излучателя, оптимизированных для работы в своей полосе частот. Поэтому возникает необходимость разделения воспроизводимого звукового спектра на полосы, соответствующие применяемым излучателям. Узел, выполняющий эту функцию, называют кроссовером (от cross over — пересекать).

Частотное разделение осуществляют двумя различными способами — пассивным и активным. Пассивный кроссовер предполагает использование одного усилителя и разделение усиленного сигнала пассивными RLC-фильтрами, активный же — разделение сигнала до усиления мощности и применение нескольких, по числу полос, усилителей, непосредственно подключаемых к соответствующим излучателям. Также встречается комбинированный способ, где чаще всего исходный сигнал делят активно на НЧ и СЧ+ВЧ, а разделение ВЧ и СЧ осуществляется пассивно. Пассивные кроссоверы всегда расположены непосредственно в АС; активные же могут быть частью активной АС либо встроенными в многоканальный усилитель. Также возможно и выполнение в виде отдельного устройства.

Преимущества и недостатки активных и пассивных способов неоднократно обсуждались, например, в [1]. Прежде чем представить схемотехнику активных кроссоверов, полезно обратить внимание на следующие дополнительные соображения.

Любительское конструирование и промышленное серийное производство АС имеют принципиально различную структуру затрат. В себестоимости серийной АС затраты на разработку незначительны. При любительском изготовлении, особенно конструкций "с нуля", ошибки в выборе головок, конструкции корпуса, пассивного кроссовера зачастую приводят к необходимости кардинальных переделок и существенному увеличению себестоимости. Точное же повторение многих отработанных проектов АС затруднительно из-за труднодоступности или полного снятия с производства используемых в них головок.

Применение программ для акустического моделирования существенно облегчает жизнь конструктору, однако окончательные выводы можно сделать только на основе акустических измерений и субъективных оценок. Внесение изменений, например, в конструкцию корпуса на этом этапе практически невозможно, а изменение частот разделения требует перерасчёта и переделки кроссовера, стоимость компонентов которого в пассивном варианте весьма заметна. Применение активных кроссоверов позволяет значительно легче, чем в пассивном варианте, изменять частоты разделения, компенсировать собственную неравномерность АЧХ головок, влияние акустического оформления и т. п. Для их построения используют стандартные схемы, известные из теории активных фильтров.

Сравнивая параметры нелинейных искажений АС, приведённые в 1980 г. в [2], "...в современных АС достигнуты нелинейные искажения в области частот до 1 кГц около 1 %, в области частот выше 1 кГц — примерно 0,5 %" с характеристиками современных АС [3, 4], приходится констатировать отсутствие существенного прогресса в характеристиках наиболее массовых изделий — динамических головок прямого излучения. Нетрадиционные же излучатели — плазменные, ленточные, электростатические, излучатели Хейла (Heil) и др. — со своими преимуществами и недостатками давно известны и занимают определённую узкую нишу, не получив широкого распространения, за исключением, пожалуй, ленточных головок.

Усовершенствования доступных в любительских условиях динамических головок прямого излучения практически ограничены дополнительной пропиткой, установкой дополнительных магни-

тов, "пули" и т. п., что не может существенно улучшить параметры головок.

Одним из способов снижения искажений в динамических головках является использование усилителя в режиме источника тока, управляемого напряжением (ИТУН) [5, 6]. При использовании пассивного деления для работы АС от ИТУН необходим кроссовер, отличный от классического [7]. При обычном же УМЗЧ (с малым выходным сопротивлением) работа АС с таким кроссовером не всегда корректна. Кроме того, в режиме ИТУН не достигается демпфирование низкочастотной головки усилителем. Использование электромеханической обратной связи (ЭМОС) позволяет обеспечить демпфирование и улучшить параметры АС в области низких частот. Вопросы применения ЭМОС и ИТУН многократно описаны в литературе и выходят за рамки статьи. Важно лишь отметить, что преимущества режима ИТУН и ЭМОС наиболее полно проявляются при использовании принципа активного разделения полос.

В последнее время в связи с бурным развитием цифровой обработки сигналов появились цифровые кроссоверы. Они могут быть как программные, на вычислительных платформах общего применения, так и программно-аппаратные, на базе специализированных микросхем DSP (digital signal processor, цифровой сигнальный процессор). С помощью цифровой фильтрации спектр сигналов разделяют на несколько цифровых потоков, соответствующих требуемым полосам, и подвергают, при необходимости, дополнительной обработке. Затем каждый поток преобразуется отдельным каналом многоканального цифроаналогового преобразователя в аналоговый сигнал. Цифровые методы позволяют получить параметры и возможности кроссовера, принципиально не реализуемые в аналоговом исполнении кроссовера, как в пассивном, так и в активном варианте. Рассмотрение цифровых кроссоверов выходит за рамки статьи.

Автор далёк от абсолютизации принципа активного усиления (активных АС), но, по его мнению, сочетание принципов активного усиления, ЭМОС и УМЗЧ в режиме ИТУН позволят получить хорошие результаты в любительском конструировании.

Требования к параметрам кроссовера

При выборе параметров кроссовера — частот разделения, порядка фильтров и дополнительных корректирующих цепей — нужно учитывать следующие требования [8].

- Обеспечение минимально возможной неравномерности АЧХ и коррекция диаграммы направленности при излучении одновременно двумя смежными головками вблизи частоты разделения.
- Характеристики фильтров — частоты разделения, крутизна спадов и т. п. должны обеспечивать подавление не менее чем на 20 дБ пиков и провалов, возникающих вне зоны поршневого режима работы динамических головок.
- Обеспечение допустимой входной электрической мощности, ограниченной предельной амплитудой смещения диффузора. Для гармонических сигналов постоянного уровня амплитуда смещения диффузора динамического громкоговорителя с понижением частоты увеличивается на 12 дБ на октаву; это сохраняется до резонансной частоты, ниже которой смещение уже не зависит от частоты. Очевидно, что амплитуда смещения останется постоянной, если крутизна фильтра верхних частот будет не менее 12 дБ на октаву. Использование фильтров более высокого порядка в таких условиях даст снижение амплитуды и, следовательно, уменьшение нелинейных искажений.
- Обеспечение допустимого уровня искажений, обусловленных эффектом Доплера.

Применительно к активным кроссоверам требования к плоской суммарной АЧХ очевидны. Различия же в чувствительности головок легко компенсируют изменением коэффициента передачи в каждой полосе. При фазовых соотношениях 0° или 360° на частоте разделения для смежных полос головки включают синфазно, а при +/−180° — противофазно. В остальных случаях выбор фазы обусловлен другими соображениями.

Для оценки допустимого группового времени запаздывания (ГВЗ) на **рис. 1** [9] приведён график заметности искажений этого вида. ГВЗ не должно превышать значений, указанных на графике.

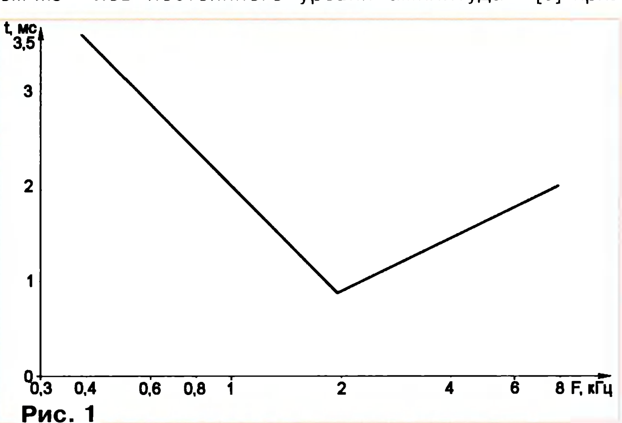


Рис. 1

Схемотехника активных кроссоверов

Далее представлены различные варианты схем активных аналоговых кроссоверов. На них не показаны цепи питания и фазовой коррекции ОУ, входные и выходные буферные каскады, что следует учитывать при реализации в конструкции. Для всех приведённых ниже кроссоверов ГВЗ не превышает порог заметности.

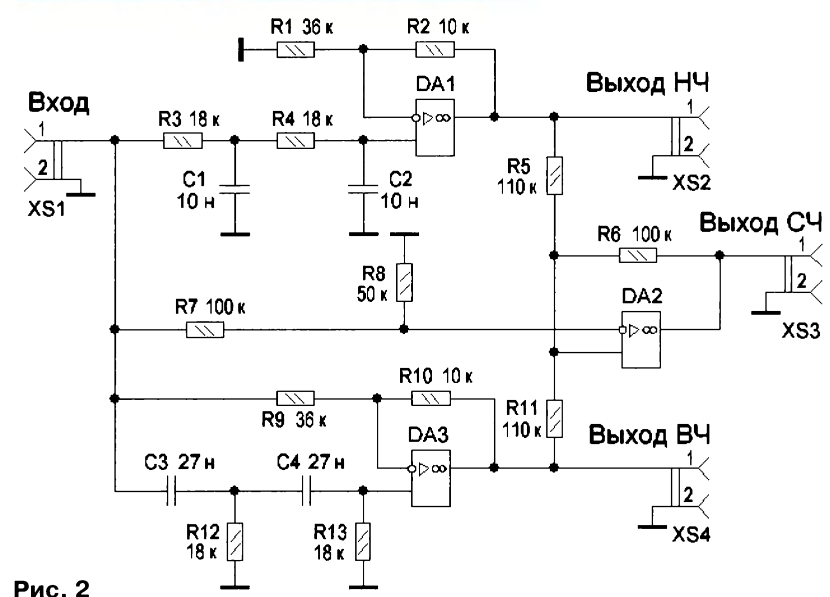


Рис. 2

В схеме на **рис. 2** [10] на ОУ DA1 выполнен ФНЧ второго порядка с частотой среза 690 Гц, на DA3 — ФВЧ второго порядка частотой среза 4,2 кГц. Формирование среднечастотной полосы осуществляется вычитанием ВЧ- и НЧ-сигналов из входного сигнала с помощью сумматора на ОУ DA2. АЧХ этого кроссовера показана на **рис. 3**. Разность фаз в 120° между полосами ВЧ и СЧ, СЧ и НЧ ставит выбор фазы включения головок в зависимость от их частотных характеристик и акустического оформления. Кроме того, этому кроссоверу присущи относительно большие области совместного излучения головок в смежных полосах.

Двухполосный кроссовер [11], схема которого изображена на **рис. 4**, представляет собой ФНЧ третьего порядка на ОУ DA1 с частотой среза 2,51 кГц и ФВЧ третьего порядка на ОУ DA2 с

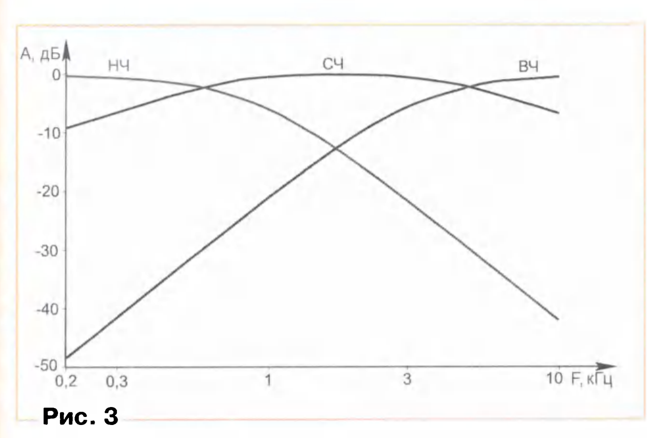


Рис. 3

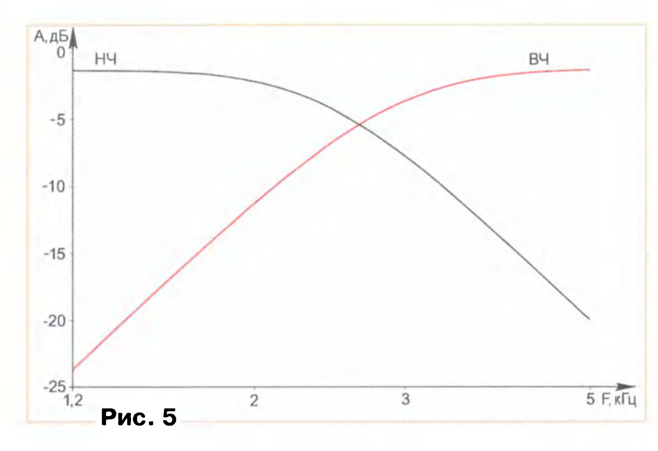


Рис. 5

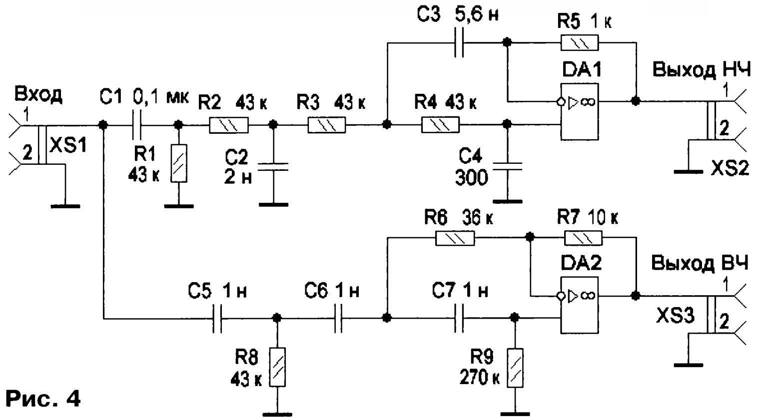


Рис. 4

частотой среза 2,82 кГц. Его АЧХ показаны на **рис. 5**. За счёт разнесения частот среза фильтров суммарная АЧХ практически плоская (не показана), на частоте разделения 2,66 кГц фильтры обеспечивают затухание 3,9 дБ при разности в фазе, равной 67°. Расчёт пассивных элементов для других частот приведён там же [11].

Кроссовер по схеме, показанной на **рис. 6**, описан в [12, 13]. На ОУ DA1—DA4 выполнен так называемый фильтр постоянного напряжения (constant voltage filter) второго порядка. В нём реализована плоская суммарная АЧХ (**рис. 7**), при этом усиление в каждой из полос пропускания ВЧ и НЧ равно 1,5 дБ. Следует особо отметить, что этот фильтр обладает идеальной импульсной характеристикой — при подаче на вход меандра звуковой частоты электрическое суммирование спектра с выходов ВЧ и СЧ даст такой же меандр без искажений. Недостатками этого кроссовера является низкое затухание — менее 2 дБ — и фазовый сдвиг 240° на частоте разделения.

Расчёт номиналов частотозадающих цепей производят следующим образом: задают ёмкость конденсаторов C1 = C2 = = C3 = C, определяют сопротивление $R = 1/2\pi FC$, где F — частота разделения, при соотношении резисторов R1 = R2 = R3 = R4 = = R5 = R7 = R8 = R и R6 = = R9 = R/4.

Для значений, указанных на схеме, частота разделения равна 332 Гц.

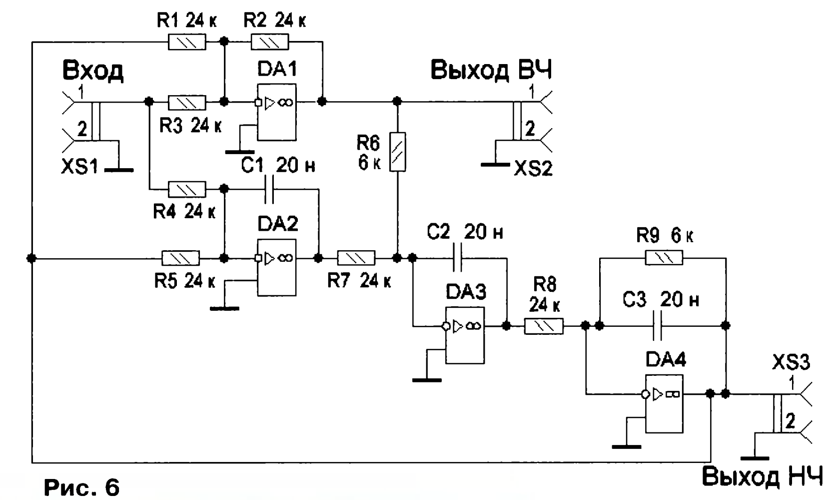


Рис. 6

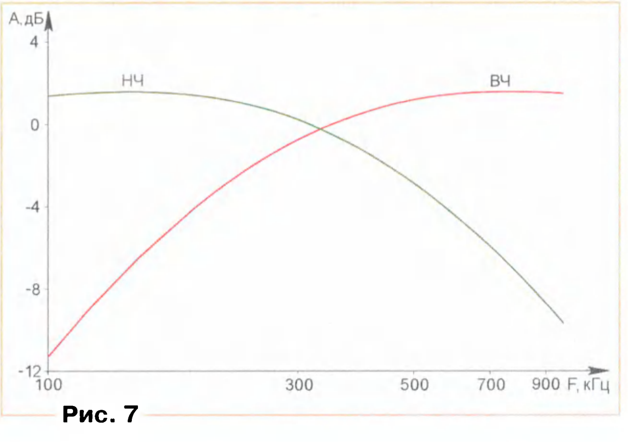


Рис. 7

На основе схемы двухполосного кроссовера (см. рис. 6) выполнен трёхполосный кроссовер [14], его схема показана на **рис. 8**. На основе ОУ DA1—DA4 выполнены фильтры, настроенные на частоту разделения полос НЧ и СЧ, на ОУ DA5, DA7—DA9 — фильтры, настроенные на частоту разделения полос СЧ и ВЧ. ОУ DA6 выполняет функцию алгебраического сумматора, выделяя сигнал СЧ. АЧХ кроссовера показана на **рис. 9**. Все особенности трёхполосного варианта аналогичны двухполосному, включая импульсную характеристику и расчёт.

В кроссовере [15], представленном на **рис. 10**, формирование полосы НЧ выполняет ФНЧ Бесселя четвёртого порядка на ОУ DA4, DA5; на ОУ DA2 выполнен фазовый фильтр Делияанниса (Deliyannis) второго порядка, который имеет плоскую АЧХ, но такую же ФЧХ, что и ФНЧ Бесселя четвёртого порядка. Это позволяет сумматору на ОУ DA3 формировать сигнал ВЧ, вычитая из входного сигнала, прошедшего фазовый корректор, сигнал, полученный на выходе ФНЧ. При этом фазы напряжений ВЧ и НЧ совпадают с разницей не более 20°. Полосовые АЧХ кроссовера показаны на **рис. 11**. Частота разделения

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

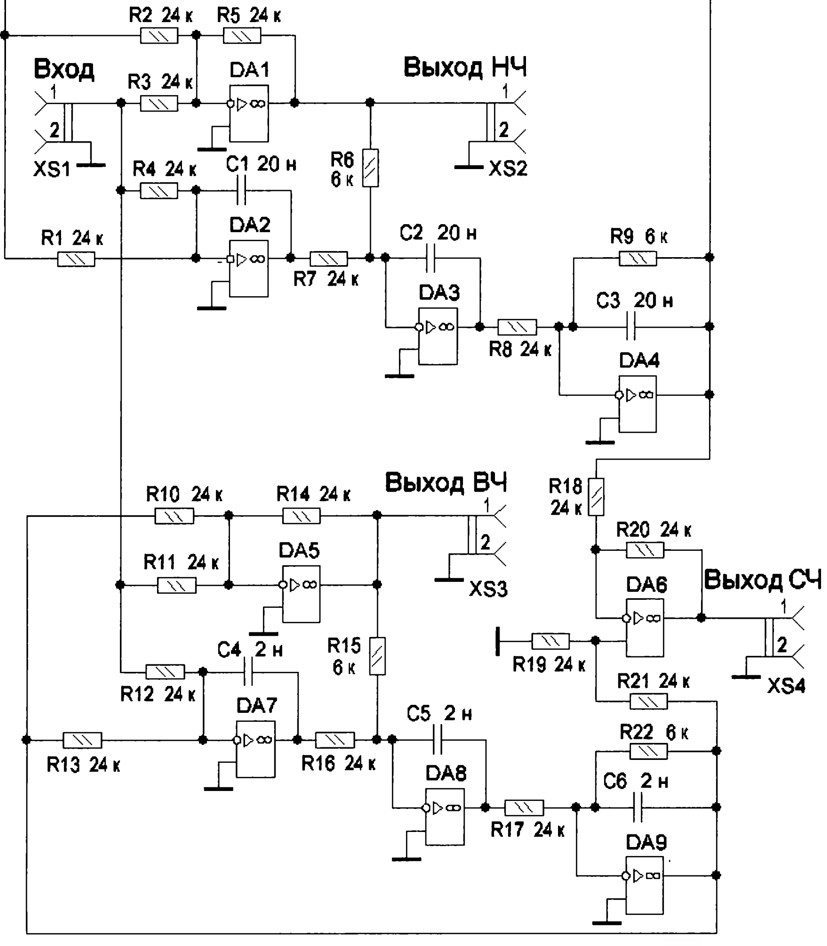


Рис. 8

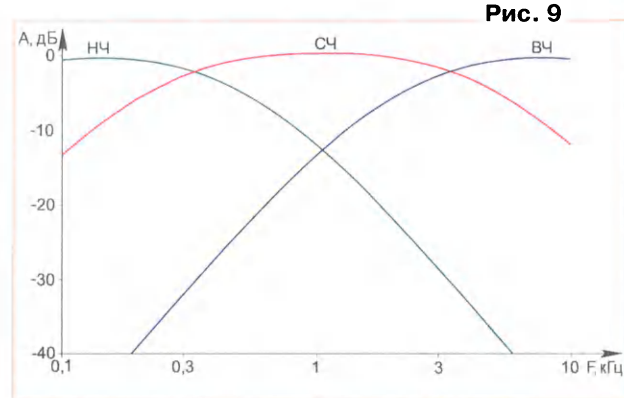


Рис. 9

может быть изменена одновременным увеличением или уменьшением ёмкости конденсаторов C1—C6.

На **рис. 12** изображён кроссовер по схеме Хартмана (Hartman), описанный в [16]. На ОУ DA4 собран ФНЧ второго порядка с частотой среза 1,5 кГц, на ОУ DA8 собран ФВЧ второго порядка на частоту среза 1,5 кГц — оба с аппроксимацией по Баттерворту (Butterworth). Перед ФНЧ включён режекторный фильтр на ОУ DA1—DA3 по схеме Бейтнера (Baitner) с частотой режекции 2,8 кГц, а перед ФВЧ на ОУ DA5—DA7 — аналогичный с частотой 810 Гц. Отличительная особенность использованных фильтров Бейтнера заключается в низкой чувствительности к разбросу номиналов пассивных элементов. На частоте разделения обеспечивается затухание 6 дБ, что соответствует характеристикам четвёртого порядка. При дальнейшей отстройке крутизна увеличивается. Полосовые АЧХ кроссовера показаны на **рис. 13**. Разность фаз сигналов ВЧ и НЧ на выходах близка к 360°. Для изменения частоты разделения необходимо пропорционально изменить ёмкость конденсаторов C1—C8, что усложняет выбор и согласование частоты разделения.

Функционально схожий метод для увеличения крутизны фильтров без ухудшения фазовых свойств и ГВЗ, названный NTM™, предложен Тиле (Tille) [17]. Авторская схема, реализующая этот алгоритм, не публиковалась, есть только заявленные характеристики, в частности, крутизна фильтров — от 36 до 52 дБ на октаву и фазолинейность. Также упоминалось, что использованы эллиптические фильтры четвёртого или восьмого порядка [18].

На **рис. 14** приведён возможный вариант реализации технологии NTM™, предложенный Эллиотом (Elliot) в [19]. На ОУ DA1 собран ФНЧ, а на ОУ DA6 — ФВЧ второго порядка на частоту 1 кГц и коэффициентом передачи 1,586 с аппроксимацией по Баттерворту. После ФНЧ сигнал попадает на режекторный фильтр с частотой настройки 2 кГц, собранный по схеме "фильтра переменных состояний" (state variable filter) на ОУ DA2—DA5. После ФВЧ аналогично построен фильтр на ОУ DA7—DA10 с частотой режекции 500 Гц. На **рис. 15** приведена АЧХ этого кроссовера. Его основные свойства аналогичны кроссоверу по схеме Хартмана (см. рис. 12). Для изменения частоты разделения необходимо пропорционально изменить номиналы конденсаторов C1—C8.

Один из вариантов схемы трёхполосного кроссовера четвёртого порядка, разработанного Липшицем и Вандеркоем (Lipshitz, Vanderkooy) [20, 21], показан на **рис. 16**. Для удобства рассмотрения на схеме можно выделить следующие функциональные узлы. ФНЧ четвёртого порядка, состоящий из двух последовательно включённых фильтров Баттерворта второго порядка с частотой настройки 200 Гц, выполнен на ОУ DA1, DA2. Такой же ФНЧ, но с частотой настройки 3 кГц, построен на ОУ DA7, DA8. Фазовый фильтр второго порядка с частотой настройки 200 Гц реализован на ОУ DA5, DA6, а с частотой настройки 3 кГц — на DA3, DA4. Сумматоры-вычитатели выполнены на ОУ DA9, DA12.

Входной сигнал после ФНЧ на DA1, DA2 и фазовращателя на DA3, DA4 проходит на выход полосы НЧ. Парал-

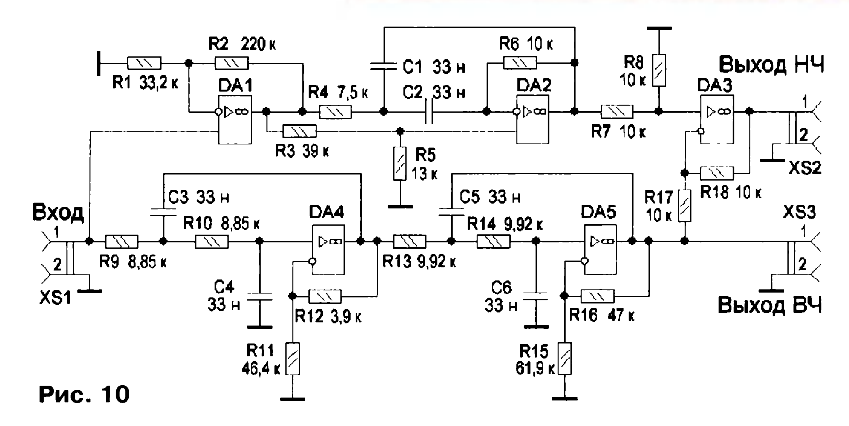


Рис. 10

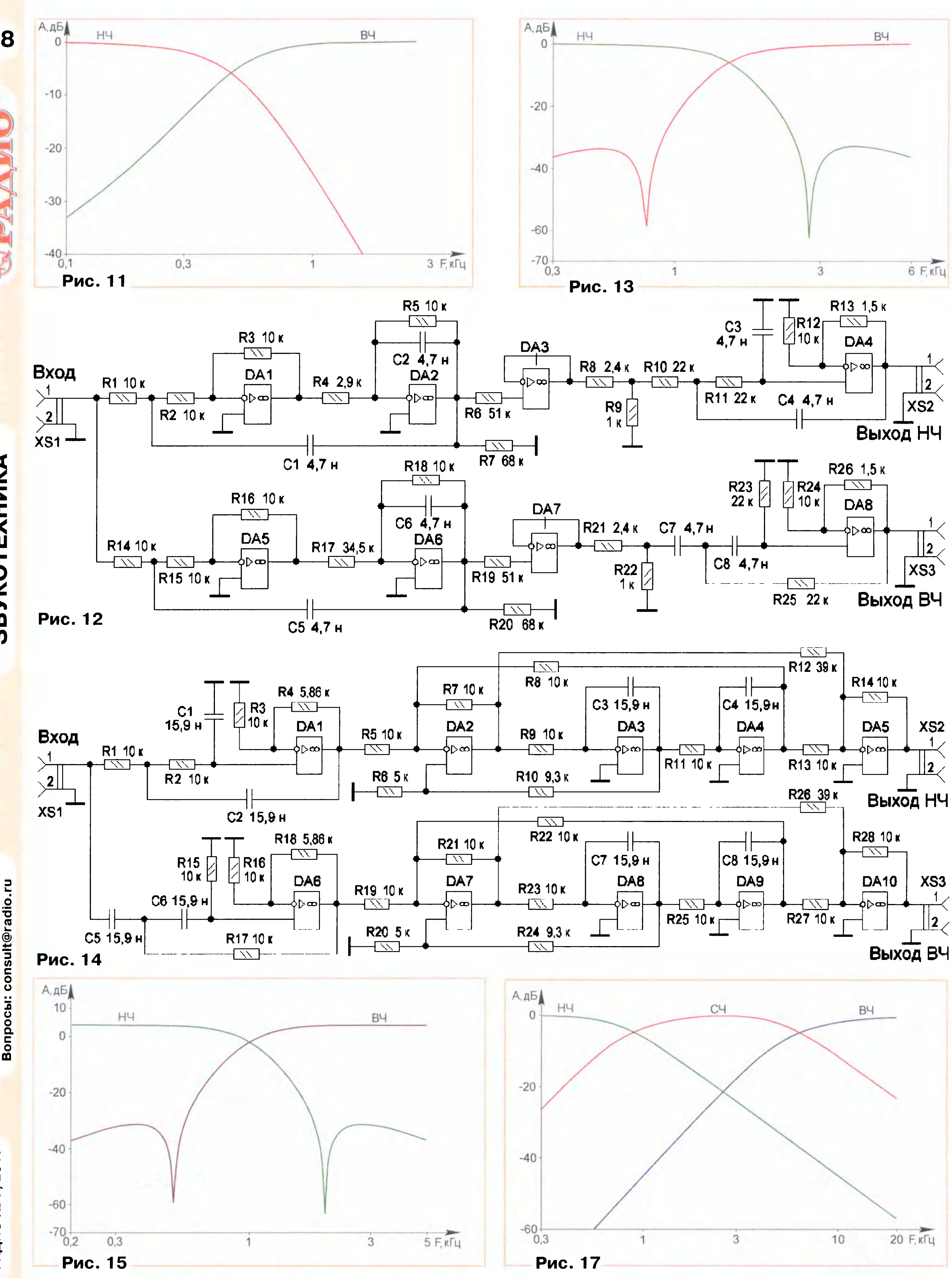


Рис. 11

Рис. 13

Рис. 12

Рис. 14

Рис. 15

Рис. 17

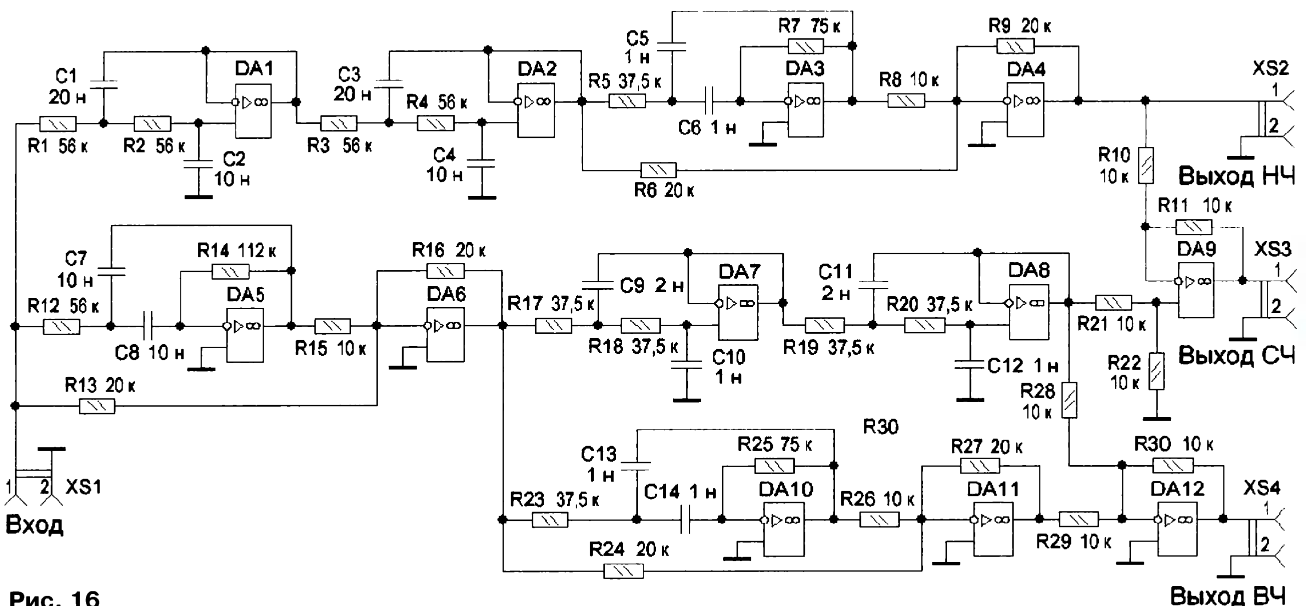


Рис. 16

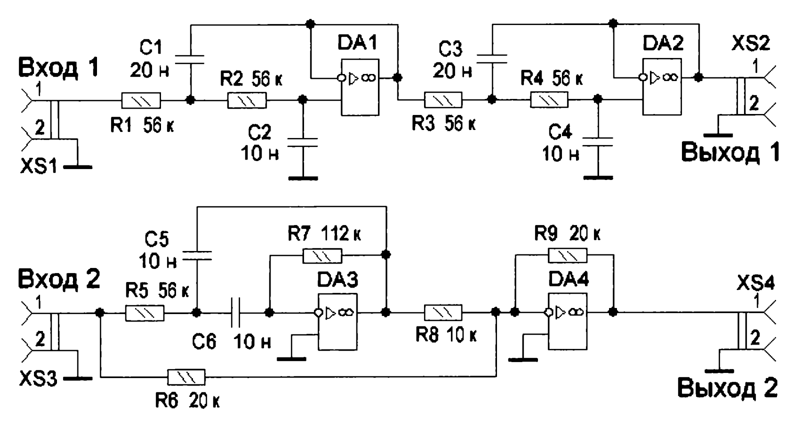


Рис. 18

лельно из входного сигнала, после фазовращателя с частотой настройки 200 Гц на DA5, DA6 и ФНЧ с частотой настройки 3 кГц на DA7, DA8, выделяется полоса ниже 3 кГц (НЧ+СЧ). Сумматор-вычитатель на DA9 вычитанием из него сигнала НЧ формирует полосу СЧ. Сумматор на DA12 формирует полосу ВЧ из сигналов ВЧ+СЧ и противофазного сигнала СЧ после фазовращателя с частотой настройки 3 кГц на DA10, DA11.

Этот кроссовер имеет линейную суммарную частотную характеристику; полосовые АЧХ показаны на **рис. 17**. Фазы сигналов НЧ и СЧ с выходов совпадают во всей полосе частот, на частоте разделения СЧ и ВЧ разность фаз — 360°. Если необходимо, можно изменить порядок соединения фильтров и фазовых звеньев и получить совпадение фаз ВЧ и СЧ и разность фаз 360° для сигналов НЧ и СЧ.

Для облегчения расчёта номиналов частотозадающих цепей в схеме рис. 16 на **рис. 18** изображены отдельно ФНЧ на DA1, DA2 и фазовое звено на DA3, DA4.

Для ФНЧ частота настройки $F = 0{,}1125/RC$, где $C = C2 = C4$; $C1 = C3 = 2C$; $R = R1 = R2 = R3 = R4$.

Для фазового звена $R7 = 2R$; $R5 = R$; $C5 = C6 = C$. Частоту настройки вычисляют по той же формуле, что и для ФНЧ. Номиналы резисторов R6, R8, R9 на частоту настройки не влияют, их выбирают из соотношения $R6 = R9 = 2R8$.

К недостаткам этого кроссовера следует отнести сложность в изменении частот разделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лексины Вал. и Вик.** Однополосный или многополосный? — Радио, 1981, № 4, с. 35—38.

2. **Алдошина И. А., Войшвилло А. Г.** Высококачественные акустические системы и излучатели. — М.: Радио и связь, 1985, с. 45.

3. Сравнительные тесты. Напольные АС. Классическая основа. — Stereo & Video, 2006, № 1. URL: **http://www.stereo.ru/test.php?article_id=135&page=1&tree_id_1=59#beginin** (27.03.17).

4. **Linkwitz S.** Distortiontestofdrivers. — URL: **http://www.linkwitzlab.com/mid_dist.htm** (24.03.17).

5. **Агеев С.** Должен ли УМЗЧ иметь малое выходное сопротивление? — Радио, 1997, № 4, с. 14—16.

6. **Алейнов А., Сырицо А.** Улучшение звуковоспроизведения в системе УМЗЧ — громкоговоритель. — Радио, 2000, № 7, с. 16—18.

7. Current Source Crossover Filters by Nelson Pass. — URL: **http://www.passdiy.com/project/articles/current-source-crossover-filters** (27.03.17).

8. **Алдошина И. А., Войшвилло А. Г.** Высококачественные акустические системы и излучатели. — М.: Радио и связь, 1985, с. 67—69.

9. Там же, с. 11.

10. **Блин С.** Фильтр для трёхполосных усилителей ЗЧ. — Радио, 1997, № 12, с. 16.

11. **Рогов И.** Активный кроссовер третьего порядка. — URL: **http://www.electroclub.info/invest/crossover.htm** (24.03.17).

12. **Small R.** Constant-Voltage Crossover Networks Design. — JAES, 1971, v. 19, № 1, p. 12—19.

13. High-Performance Audio Applications of the LM833, figure 9. — URL: **http://www.ti.com/lit/an/snoa586d/snoa586d.pdf** (27.03.17).

14. Фазолинейный фильтр для трёх полос. — URL: **http://www.vegalab.ru/forum/showthread.php/18195** (24.03.17).

15. **Piter Latsky**. Linear Phase Active Crossover. — Electronics World + Wireless World, 1999, № 9, p. 779.

16. **Bill Hartman**. Precise Active Crossover. — Electronics World + Wireless World, 1999, № 8, p. 652—655.

17. Whiseworks — NTM™ filter technology. — URL: **http://www.bss.co.uk/en-US/whiseworks** (24.03.17).

18. NTM™ Crossover Filter. — URL: **http://d18nzrj3czoaty.cloudfront.net/site_elements/resources/131_1363638412/NTMFilters_original.pdf** (27.03.17).

19. **Elliot R.** NTM™ Crossover Filter. — URL: **http://sound.whsites.net/articles/ntm-xover.htm** (27.03.17).

20. **Lipshitz S., Vanderkooy J.** In-Phase Crossover Network Design. — AES E-Library AES Convention: 74 (October 1983), Paper Number: 2051.

21. 3-Way Active Crossover with Linear-Phase Response. — URL: **http://users.otenet.gr/~athsam/3way_active_crossover_with_linear_phase_eng.htm** (24.03.17).

(Окончание следует)

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

АДЫГЕЯ. ГТРК "Адыгея" в летнем сезоне транслирует программы иновещания на коротких волнах по следующему расписанию:

— 18.00 — 19.00 — на адыгейском, арабском и турецком языках по понедельникам;

— 18.00 — 19.00 — на адыгейском языке по пятницам;

— 19.00 — 20.00 — на адыгейском языке по воскресеньям.

Всё вещание ведётся на частоте 6000 кГц, мощность передатчика — 100 кВт, азимут — 188 градусов. Сайт ГТРК "Адыгея" **http://www.adygtv.ru/programs/radio-inoveshchanie/broadcasted/**.

БУРЯТИЯ. К региональной сети радиостанции "Юмор FM" присоединился г. Улан-Удэ. Вещание началось 12 мая на частоте 91,2 МГц, мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=106245** (22.05.17)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. К региональной сети радиостанции "Love Radio" присоединился г. Владимир, вещание идёт на частоте 99,3 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/4340.html** (22.05.17)).

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ. К сети регионального вещания радиостанции "Love Radio" в апреле присоединился г. Вологда, частота вещания — 96,4 МГц (источник — URL: **http://mediaguide.ru/?p=news&id=58ff85b2** (22.05.17)).

КРЫМ. Филиал РТРС "РТПЦ Республики Крым" начал аналоговую трансляцию радиостанции "Россия сегодня" в городах: Симферополь — на частоте 102,3 МГц; Севастополь — на частоте 102,6 МГц; Феодосия — на частоте 102,3 МГц; Ялта — на частоте 107,5 МГц; Керчь — на частоте 105,3 МГц; Евпатория — на частоте 102,5 МГц.

"Россия сегодня" — первое разговорное радио, появившееся в Крыму в 2014 г. после присоединения полуострова к России. В эфире радиостанции — оперативные новости Крыма и Севастополя, информационные программы, интервью с экспертами по наиболее важным темам и спецпроекты о жизни полуострова (источник — URL: **http://crimea.rtrs.ru//tv/analog/filial-rtrs-v-respublike-krym-nachal-translyatsiyu-radio-rossiya-segodnya-v-simferopole-sevastopole-/** (22.05.17)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. 7 мая, в День радио, радиостанция "Радио 1" начала вещание в г. Коломне на частоте 94,2 МГц. Теперь жители и гости города могут слушать "Радио 1" не только по стационарному приёмнику, но и в машинах. Сигнал станции уверенно принимается на расстоянии 20 км от центра города (источник — URL: **http://radio1.news/news/radio-1-otkryvaet-fm-veshchanie-v-kolomne-v-den-radio/** (22.05.17)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. Радио "Монте-Карло" начало своё вещание на территории г. Сарова с 19 мая. Оценить хиты, проверенные несколькими поколениями слушателей, а также передачи о мировой истории, путешествиях и биографиях выдающихся людей можно будет на частоте 95,9 МГц (источник — URL: **http://www.vremyan.ru/news/radio_monte-karlo_zazvuchit_v_sarove.html** (22.05.17)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. В апреле к всероссийской аудитории радиостанции "Русское радио" присоединились слушатели г. Таганрога. Вещание в этом городе открылось на частоте 101,4 МГц (источник — URL: **http://russianmediagroup.ru/live/thenews.asp?id=33793** (22.05.17)).

К Дню радио филиал РТРС "Ростовский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанций "Радио России" и "Маяк" в городах Новочеркасск и Шахты. Радиостанция "Радио России" доступна на частоте 105,4 МГц, "Маяк" — на частоте 100,5 МГц.

Высота установки антенны в Шахтах — 75 метров, в Новочеркасске — 70 метров, мощность передатчиков — по 1 кВт (источник — URL: **http://rostov.rtrs.ru/tv/analog/ko-dnyu-radio-rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-rossii-i-mayak-v-fm-diapazone-v-novocherkasske-i-shakh/** (22.05.17)).

СМОЛЕНСКАЯ ОБЛ. 1 мая началось вещание радиостанции "Радио Дача" на частоте 101,3 МГц в г. Вязьме (источник — URL: **http://www. krutoymedia.ru/news/4352.htm** (22.05.17)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. 10 мая к региональной сети "Радио Дача" присоединился г. Ставрополь. Частота вещания — 98 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/4366.html** (22.05.17)).

ТАТАРСТАН. 1 мая филиал РТРС "РТПЦ Республики Татарстан" начал трансляцию "Радио России + Радио Татарстана" в г. Тетюши на частоте 104,8 МГц. Мощность нового передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://tatariya.rtrs.ru/ tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-rossii-radio-tatarstana-v-tetyushakh-v-fm-diapazone-/** (22.05.17)).

УДМУРТИЯ. К региональной сети вещания радиостанции "Такси FM" 25 апреля присоединился г. Можга, частота вещания — 98 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/4326.html** (22.05.17)).

Радиостанция "Love Radio" 16 мая начала работу в п. Игра на частоте 98,0 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/4380.html** (22.05.17)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. С 3 мая филиал РТРС "Челябинский ОРТПЦ" начал трансляцию "Радио России" на частоте 99,3 МГц с региональными врезками ГТРК "Южный Урал" в г. Магнитогорске. В зону охвата станции входят Магнитогорск и его окрестности (источник — URL: **http://chelyabinsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-rossii-v-magnitogorske-v-fm-diapazone/** (22.05.17)).

Радио "Комсомольская правда" с 11-го и 10 мая работает в городах Миассе и Златоусте на частотах 89,8 МГц и 89,3 МГц соответственно (источник — URL: **https://vk.com/kp.radio?w=wall153734701_20671** (22.05.17)).

ЧУВАШИЯ. С 28 апреля радиостанция "Маяк", вещавшая на территории Чувашии, ушла с OIRT-диапазона. Теперь её позывные можно услышать на частоте 99,5 МГц. Это произошло из-за того, что радиотелевизионный передающий центр установил новый более мощный радиопередатчик. Приём стал чище: звук теперь передаётся в стереорежиме. А с июня в сетке вещания "Маяка" планируется выход региональных блоков из Чебоксар (источник — URL: **http://chgtrk.ru/?c=view&id= 15709** (22.05.17)).

ПРОВОДНОЕ ВЕЩАНИЕ

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ. В г. Череповце все проводные радиоточки отключены 20 мая. Услугу перестанут получать 2500 абонентов. Об этом стало известно по заявлению оператора — Вологодского филиала ПАО "Ростелеком".

Проводное радио, с учётом развития современных коммуникативных технологий, стало неконкурентоспособным. Сейчас услуга проводного радиовещания на территории региона доступна только в городах Вологде и Череповце. На всей остальной территории области её перестали оказывать в 2009 г. (источник — URL: **http://www.severinform.ru/index.php?page=newsfull&date=04-05-2017&newsid=246483** (22.05.17)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ИНДИЯ. "Всеиндийское радио" ("All India Radio" — AIR) на недавней Генеральной Ассамблее Консорциума DRM в Швейцарии стало официальным членом этого объединения. Здесь с интересом было встречено сообщение, что несколько моделей автомобилей, запущенных в производство в Индии, имеют предустановленные приёмники DRM-трансляций.

Кстати, радиоприёмники разработаны и выпускаются серийно в Индии с торговой маркой Avion (Авион): **http://avionelectronics.in/**. Помимо этого, не самая богатая страна Индия завершила первый этап большого процесса внедрения стандарта DRM по всей стране, о чём сообщает издание RadioandMusic.com: **http://www.radioandmusic.com/biz/radio/air/170425-all-india-radio-enters-phase-ii-drm-india**.

В ходе работ были смонтированы и запущены в эксплуатацию 37 DRM-передатчиков по всей территории страны. 35 из них предназначены для вещания в диапазоне СВ, а ещё два — в диапазоне КВ. Коротковолновые передатчики предназначены для трансляции программ иновещания в стандарте DRM. Из 35 средневолновых передат-

---

Примечание. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

чиков два работают только в стандарте DRM, а остальные — в режиме параллельного вещания. Обратите внимание на мощность средневолновых передающих устройств: 1000 кВт (два передатчика), 300 кВт (шесть передатчиков), 200 кВт (10 передатчиков), 100 кВт (11 передатчиков) и 20 кВт (шесть передатчиков). КВ-передатчики работают с мощностями 500 и 250 кВт.

КИРГИЗИЯ. Радиовещательная сеть первой программы "Биринчи радио" состоит из СВ-передатчиков, работающих на частоте 612 кГц (150 кВт, п. Красная Речка), 1404 кГц (передатчики с мощностями 20, два по 7 и два по 1 кВт, расположенные в населённых пунктах Дёдёмёль, Айдаркен, Нарын, Орголчор и Чолпон-Ата соответственно) и 1431 кГц (40 кВт, г. Джалал-Абад).

Кроме того, трансляция идёт на КВ на частоте 4010 кГц (мощность передатчика — 100 кВт) и 4820 кГц (мощность передатчика — 15 кВт).

В сетке вещания довольно много (практически в начале каждого вещательного часа) коротких программ на русском языке. Привести всё расписание не позволит объём отведённой журнальной площади. Упомянем лишь, что это по большей части новостные "Итоги дня". Из тематических — "Спортивная неделя", "Столица", "Кыргызстан" и т. д.

КИТАЙ. "Международное радио Китая" транслирует программы на русском языке по расписанию, приведённому в **таблице**.

Время, UTC	Частота, кГц	Время, UTC	Частота, кГц
00.00 — 00.57	1521, 7405, 9445, 9510	01.00 — 01.57	1521, 5905, 13600
02.00 — 02.57	5905, 5915, 17615, 17640	03.00 — 03.57	5905, 5915, 15435, 17710, 17640
04.00 — 04.57	5905, 15445, 15665, 17640	08.00 — 09.57	15335, 15665
10.00 — 11.00	963, 7390, 9725, 11935	11.00 — 12.00	963, 1323, 1521, 9725, 9890, 11935
12.00 — 12.57	963, 1323, 1521, 6100, 7400, 11935, 13575, 13600, 17575	13.00 — 13.57	963, 1323, 1521, 5915, 5990, 7400, 9675, 13600
14.00 — 14.57	963, 1323, 1521, 5905, 7330, 9525, 9675	15.00 — 15.57	963, 1323, 1521, 5905, 5915, 5965, 5990, 9880, 11790, 13860
16.00 — 16.57	1521, 5905, 11875, 13580, 13860	17.00 — 17.57	1521, 7410, 9470, 11875, 13640
18.00 — 18.57	1521, 7210, 9560, 9765	19.00 — 19.57	1521, 6110, 7245, 9525
20.00 — 20.57	7245, 9525	23.00 — 24.00	7405, 9445

Первый эфир программы дня звучит в 10.00, все остальные — повторы этой передачи.

МОЛДАВИЯ. "Radio Moldova Actualitati" (по-русски "Радио Молдова 1") в диапазоне СВ работает на частотах 873 и 1494 кГц. На русском языке транслируются новости в следующих временных блоках: 06.00 — 06.10; 08.00 — 08.05; 11.00 — 11.10; 15.00 — 15.10 (среда—понедельник); 15.10 — 16.00 и 17.35 — 17.55 (по средам); 18.05 — 18.15 (кроме субботы и воскресенья); 18.30 — 18.45 (по понедельникам).

С 20.30 до 21.00 по субботам передаётся программа на русском языке, подготовленная радиостанцией "Свободная Европа".

ПРИДНЕСТРОВЬЕ. В настоящее время трансляция "Радио Приднестровья" ведётся на средневолновой частоте 621 кГц с мощностью передатчика 150 кВт. Транслируются передачи на молдавском, русском и украинском языках с 04.00 до 05.30 ежедневно, кроме субботы и воскресенья. Трансляции на русском языке — в эфире с 04.00 до 04.30.

ТАЙВАНЬ. "Международное радио Тайваня" для трансляции программ на русском языке с 24 апреля использует из-за помех новую частоту 12030 кГц с 11.00 до 12.00. Частоты 9590 и 11955 кГц, на которых вещание ведётся с 14.00 и с 17.00 соответственно, остались без изменений (источник — URL: **http://russian.rti.org.tw/whatsNew/?recordId=22931** (22.05.17)).

Хорошего приёма и 73!

Сверлильный станок с полуавтоматическим управлением

Е. ГЕРАСИМОВ, ст. Выселки Краснодарского края

Для сверления отверстий в печатных платах радиолюбители обычно используют так называемые сверлилки — микроэлектродвигатели с насаженным на вал цанговым зажимом для крепления свёрл. После пары десятков поломанных свёрл и прочтения статьи [1] я тоже решил изготовить сверлильный станок. Однако микроскопа в моём распоряжении не было (а если бы и был, ломать хороший прибор было бы жалко), поэтому пришлось разработать свою конструкцию станка, используя то, что было под рукой или нетрудно купить (в частности, все материалы для его изготовления недороги и недефицитны — большую их часть можно купить в хозяйственном магазине).


Рис. 1

Внешний вид станка представлен на **рис. 1**. Сразу же условимся, для краткости, по аналогии с большим сверлильным станком, называть двигатель с закреплённым на его валу держателем свёрл шпинделем. Как видно, станок снабжён широким и низким рабочим столом. Это удобнее, чем в [1], поскольку можно положить руки на стол, а плату придерживать и перемещать пальцами. При этом нажимать на кнопку сверления

("Пуск") удобно, не отпуская обрабатываемую плату. Вся электроника, кроме герконов-датчиков положения шпинделя, размещена внутри корпуса станка, что повышает его надёжность. Как и в [1], сверло подаётся к обрабатываемой плате. Хорошо различимая на фоне рабочего стола узкая полоска с отверстием под сверлом — указатель (описание которого приведено в конце статьи), облегчающий необходимое смещение и фиксацию платы перед сверлением очередного отверстия. Описывать станок полностью, с чертежами всех деталей, на мой взгляд, вряд ли целесообразно, поскольку изготовление подобных устройств — процесс творческий, зависит от опыта и наличия материалов, поэтому далее подробно описаны только часть узлов и способы их изготовления, которые могут пригодиться читателям.

Станина станка сварена из отрезков тонкостенных стальных труб — это единственная деталь, изготовить которую самостоятельно могут не все. Конечно, для соединения её частей можно использовать болты или заклёпки, но самый технологичный и надёжный способ — это всё-таки сварка.

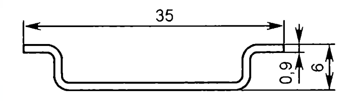


Рис. 2

Одна из проблем, возникающих при изготовлении такого станка, — обеспечение плавной и равномерной подачи сверла строго перпендикулярно обрабатываемой плате. Это подразумевает изготовление строго параллельных направляющих, по которым перемещается шпиндель, а также механизма подачи сверла. Изготовление направляющих в домашних условиях — процесс довольно трудоёмкий, поскольку необходимо обеспечить плавный ход станка при отсутствии люфтов и заеданий, а сделать это довольно сложно. Я решил эту проблему использованием в качестве направляющей короткого (длиной 110 мм) отрезка электротехнической DIN-рейки Ω-типа (продаётся во многих магазинах, торгующих электротоварами), представляющей собой изогнутую особым образом полосу листовой стали (**рис. 2**). Поскольку такие рейки изготавливают на специальном станке, их края плоскопараллельны, что и требуется для изготовления механизма подачи шпинделя (кстати, в больших станках этот механизм называется суппортом).

К сожалению, не все DIN-рейки изготовлены с достаточным для данного применения качеством, поэтому при покупке следует убедиться, что у выбранного отрезка края ровные и параллельны. Лучше всего воспользоваться для этих целей металлической линейкой и штангенциркулем. Неровность и непараллельность краёв DIN-рейки приведёт к заеданию шпинделя и, возможно, к поломке сверла. При выборе рейки следует также обратить внимание на толщину листовой стали, из которой она изготовлена: чем толще металл, тем лучше.

Электродвигатель, приводящий сверло во вращение, установлен на Г-образном кронштейне 2 (**рис. 3**) из стали толщиной 1 мм, который удерживается на DIN-рейке четырьмя скобами 3, согнутыми из стальной проволоки диаметром 0,9 мм (можно использовать предварительно выпрямленные канцелярские скрепки из проволоки такого же диаметра) и припаянными со стороны, противоположной двигателю. Для снижения трения нужно после сборки станка смазать взаимодействующие со скобами края DIN-рейки густой смазкой (если эти края слишком острые, их можно слегка притупить напильником, только делать это следует аккуратно, чтобы не нарушить их параллельность). На станине DIN-рейка закреплена винтами с гайками М4. После закрепления следует проверить плавность хода уголка с закреплённым на нём двигателем M1.

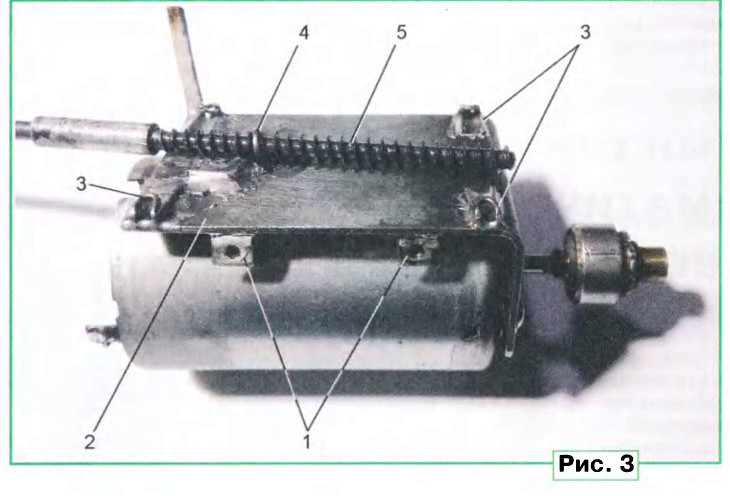


Рис. 3

В приводе подачи шпинделя использована винтовая передача. Для её изготовления использован стальной саморез по металлу 5 (с шагом резьбы 2 мм, длиной резьбовой части около 55 мм и общей длиной около 100 мм). На его резьбовую часть намотан один виток 4 отожжённой стальной проволоки диаметром 2 мм (это "гайка" винтовой передачи), который затем припаян к кронштейну 2.

Устройство редуктора, передающего вращение от электродвигателя привода ходовому винту, зависит от имеющихся в наличии шестерён. Отмечу, что делать коэффициент передачи редуктора слишком высоким не следует — возрастает сила нажатия на сверло, а станок при этом работает медленнее (в моём станке этот коэффициент — около 17).

В первоначальном варианте управление станком осуществлялось устройством, описанным в [2], однако в процессе его эксплуатации были замечены некоторые недостатки (впрочем, устранимые). Первый — это недостаточная защищённость от помех счётчика К561ИЕ14, что иногда приводило к "перескоку" шпинделя (после окончания цикла сверления он возвращался не в исходное положение, а останавливался выше или ниже его). Также большое значение имеют форма, направление полюсов магнита и его положение относительно геркона. Нужно сказать, что при использовании вместо геркона оптического датчика "перескок" шпинделя наблюдался реже. Второй недостаток — некоторая "дискретность"

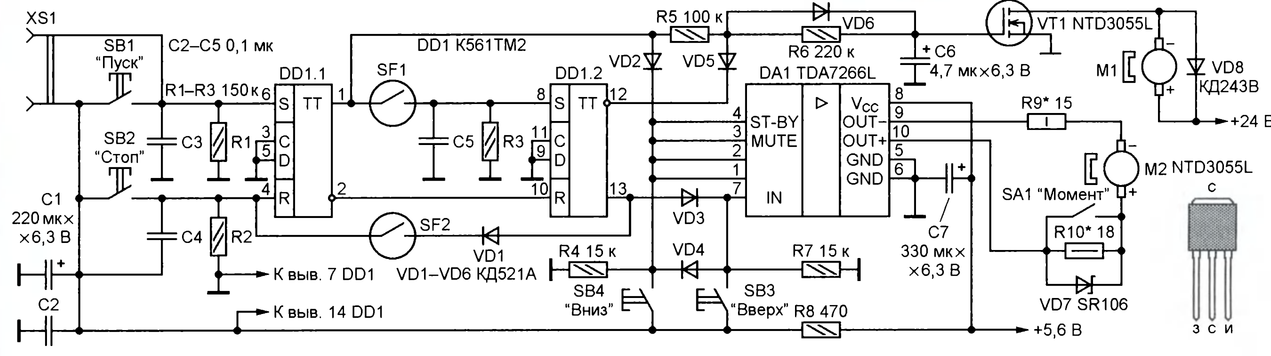


Рис. 4

установки сверла, обусловленная тем, что ходовой винт устанавливается всегда в одинаковом положении. Поэтому сверло можно устанавливать только с шагом 2 мм (шаг резьбы винта), что иногда неудобно, особенно если у двигателя значительный осевой люфт.

А однажды случилось то, что рано или поздно происходит с устройствами, питаемыми от двух источников напряжения: в один прекрасный день я перепутал провода и вместо 5 В подал на блок управления 24 В. Итог — сгоревшие цифровые микросхемы и часть проводников на плате. К счастью, микросхема TDA7266L испытание выдержала. Поскольку восстановлению блок уже не подлежал, было решено собрать новый, учтя при его разработке предыдущий опыт.

Схема нового блока управления представлена на **рис. 4**. При его разработке я задался целью исключить счётчик и при этом сохранить эксплуатационные характеристики станка. Применение здесь микроконтроллера нерационально ввиду простоты выполняемой задачи, поэтому применена одна микросхема стандартной логики. Алгоритм работы станка во многом аналогичен описанному в [2]. Контроль положения шпинделя станка осуществляется посредством герконов. Рабочий ход станка — около 12 мм, а его сдвиг в пределах 40 мм осуществляется устройством, конструкция и изготовление которого будут описаны ниже.

Рис. 5

Рассмотрим для начала работу цифровой части блока управления. При подаче напряжения питания триггер DD1.1 устанавливается в нулевое состояние благодаря цепи сброса R2C4. Триггер DD1.2 — также в нулевом состоянии, поскольку напряжение на его входе R (выв. 10) имеет уровень лог. 1. Оба электродвигателя обесточены. Несмотря на то что в исходном состоянии геркон SF2 замкнут, на работу устройства он не влияет, поскольку на прямом выходе триггера DD1.2 (выв. 13) — лог. 0. При нажатии на кнопку SB1 ("Пуск") триггер DD1.1 переключается в единичное состояние, запускаются двигатели M1 и M2 и начинается процесс сверления. Как только сработает геркон SF1, триггер DD1.2 переключается в единичное состояние, при этом двигатель M2 меняет направление вращения. Начинается возврат сверла в исходное положение. Как только сработает геркон SF2, на вход R (выв. 4) триггера DD1.1 будет подана лог. 1 и всё устройство вернётся в исходное состояние.

Работа микросхемы DA1 и назначение остальных кнопок устройства описаны в [2], поэтому останавливаться на них не будем. Коротко о назначении некоторых остальных деталей: конденсаторы C2—C5 служат для защиты от помех, диод VD1 предотвращает подачу напряжения питания с кнопки SB2 на выход триггера DD1.2 при замкнутых контактах геркона SF2, диоды VD3 и VD2 выполняют аналогичную функцию при нажатых кнопках соответственно SB3 и SB4, VD7 служит для ускорения возврата шпинделя в исходное положение при сверлении тонкими свёрлами. В цепь питания двигателя M2 введены резистор R10 и выключатель SA1, поскольку для свёрл диаметром 0,5...0,6 мм необходимо меньшее усилие подачи сверла (на схеме SA1 показан в режиме сверления тонкими свёрлами). Резисторы R9 и R10 подбирают в зависимости от применённого двигателя M2, их сопротивление и мощность рассеяния могут отличаться от указанных на схеме.

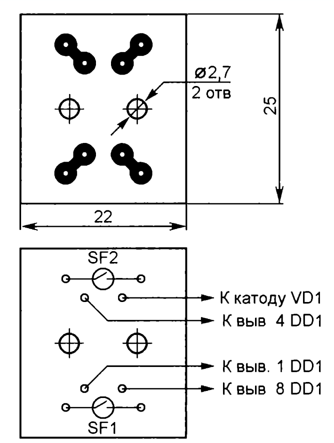


Рис. 6

Параллельно кнопке SB1 можно подключить выносную педаль — для этого предназначена розетка XS1 (впрочем, это может и не понадобиться: за всё время работы со станком, а это уже больше года, необходимости в использовании педали у автора не возникало).

Несколько изменена схема пуска электродвигателя M1 — это сделано для продления его срока службы. Когда на прямом выходе триггера DD1.1 появляется лог. 1, через резистор R5 и диод VD6 начинает заряжаться конденсатор C6. Напряжение на затворе транзистора VT1 увеличивается сравнительно медленно, поэтому двигатель запускается плавно, без рывка, что положительно влияет на процесс сверления. Как только переключится триггер DD1.2, на его инверсном выходе (выв. 12) появляется лог. 0 и конденсатор C6 начинает разряжаться через резистор R6, диод VD5 и вывод 12 триггера DD1.2. Транзистор VT1 закрывается, поэтому двигатель останавливается раньше, чем шпиндель вернётся в исходное положение, и в то же время, когда сверло уже вышло из платы. Таким образом, общее время работы двигателя заметно сокращается, что способствует увеличению срока его службы. Дело в том, что такой станок, как правило, проектируется под конкретный электродвигатель (к тому же иногда снятый с какого-нибудь неисправного аппарата), и при выходе его из строя, если аналогичный найти не удалось, может потребоваться существенная переделка станка. Поэтому лучше продлить, насколько это возможно, срок службы уже имеющегося двигателя.

Все детали, кроме герконов, размещены на печатной плате (её чертёж показан на **рис. 5**) из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Блокировочный конденсатор C2 припаян непосредственно к выводам питания микросхемы DD1, а транзистор VT1 — к теплоотводящему фланцу от вышедшего из строя транзистора КТ837 и через изолирующую слюдяную прокладку закреплён на корпусе станка винтом с гайкой. Если нужды в продлении срока службы электродвигателя M1 нет, диоды VD5, VD6 и резистор R6 можно исключить, а резистор R5 установить, как показано штриховыми линиями на рис. 5.

Герконы установлены на отдельной плате, показанной на **рис. 6**. Все провода припаяны к запрессованным в неё шпилькам из медного провода диаметром 0,9 мм.

О замене деталей рассказано в [2]. Герконы можно заменить фотодатчиками, правда, в этом случае, возможно, придётся подобрать резисторы R2 и R3. Можно применить и миниатюрные микропереключатели.

Стоит остановиться на преимуществах и недостатках герконовых датчиков. Их несомненные достоинства — простота схемы, надёжный контакт, а также отсутствие промежуточных значений напряжения и шумов, свойственных некоторым фотодатчикам. Ещё одним плюсом является то, что им не нужен дополнительный источник питания.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Недостатков у герконов также довольно много: во-первых, это хрупкость. Стеклянный корпус очень легко растрескивается и ломается даже при небольшом изгибе вывода близко к корпусу. Паять выводы геркона также следует аккуратно, придерживая у корпуса пинцетом. Установленному датчику необходима защита от внешних механических воздействий. Ещё один нюанс: поскольку в большинстве подобных станков используются двигатели постоянного тока, имеющие довольно сильные магнитные поля, взаимодействующие друг с другом и, естественно, с магнитом датчика, при установке в станок геркон может работать не так, как нужно. Однако, несмотря на недостатки герконов, в описываемом станке применены именно они, поскольку в авторских запасах не нашлось двух одинаковых оптопар.

Управляются герконы постоянным магнитом, приклеенным к подвижному флажку, детали которого показаны на **рис. 7**, а полностью собранное устройство — на **рис. 8** (нумерация деталей продолжает начатую на рис. 3). Состоит этот узел из пластины 12, собственно флажка 10, скобы 9, согнутой из выпрямленной канцелярской скрепки, шайбы из пластика от бутылки 8 и конической пружины 6. В пластине просверлены два отверстия диаметром 2,5 мм для винтов крепления её к кронштейну 2 с двигателем М1. Также в ней имеется щелевое отверстие шириной 0,9 мм и длиной 50 мм. Прорезать такое отверстие с ровными краями сложно, поэтому вырезана полоска 11 шириной 3 мм из того же куска оцинкованной стали, что и пластина 12, и припаяна к ней с зазором 0,9 мм.

Во флажке 10 просверлены три отверстия диаметром 0,9 мм. В крайние отверстия вставлена скоба 9 и закреплена в них пайкой, после чего флажок вставлен скобой в щель и зафиксирован пружиной 6, отогнутый конец которой вставлен в среднее отверстие флажка через отверстие в шайбе 8. Удлинённый конец скобы на противоположной стороне флажка отогнут, как показано на **рис. 9**. Здесь же показаны припаянные к DIN-рейке упоры 13, с которыми при работе взаимодействует скоба 9.

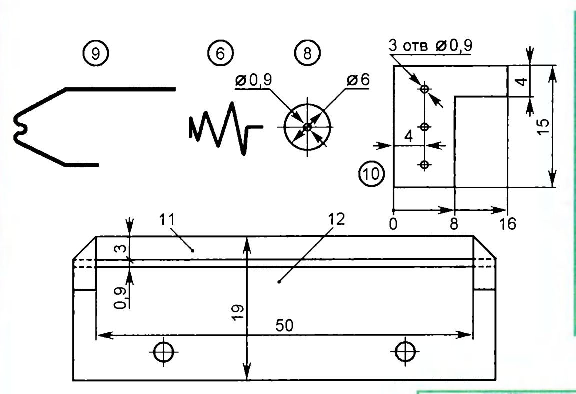


Рис. 7

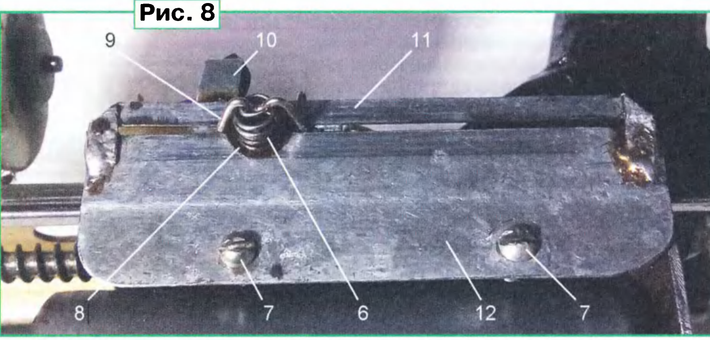


Рис. 8

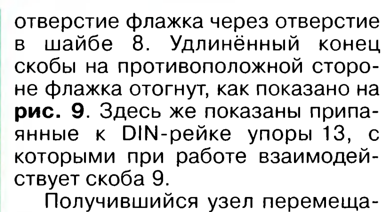


Рис. 9

Получившийся узел перемещается вдоль щели с некоторым усилием, определяемым применённой пружиной 6. После сборки к флажку 10 приклеен магнит, затем его трущиеся части слегка смазаны Литолом 24. На кронштейне 2 узел флажка закреплён двумя винтами М2, ввинченными в резьбовые отверстия припаянных к нему уголков 1. Упоры 13 отогнуты так, чтобы при перемещении шпинделя в пределах рабочего хода скоба 9 не доходила до упоров на 0,5...1 мм.

Принцип действия флажка в следующем: пока шпиндель станка перемещается в нужном участке хода, флажок, а следовательно, и магнит перемещаются вместе с ним (шпинделем), не касаясь упоров. Если же необходимо сместить рабочий участок хода шпинделя вверх или вниз (при установке сверла большей или меньшей длины), нажимают на кнопку SB3 или SB4. При этом отогнутый конец скобы 9 касается одного из упоров, и флажок с магнитом сдвигается на пластине 12. Следует отметить, что подвижный флажок нужен при работе с обычными свёрлами, специальные имеют одинаковую длину и утолщённый хвостовик. Если предполагается работать только с такими свёрлами, флажок можно просто припаять к кронштейну.

Учитывая печальный опыт с подключением предыдущего станка, для питания блока управления в новом станке применён не показанный на схеме преобразователь напряжения

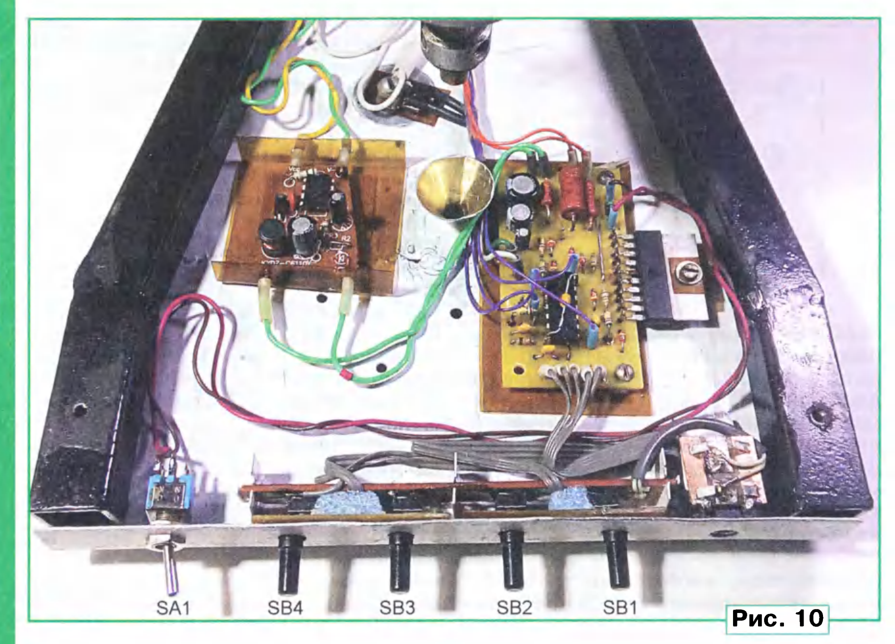


Рис. 10

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

(готовое зарядное устройство на микросхеме MC34063, предназначенное для зарядки мобильного телефона от бортсети автомобиля). Как показали испытания, оно без переделки работоспособно при входном напряжении до 30 В. Из него только удалён светодиод, индицирующий выходное напряжение и ограничивающий его ток резистор.

Вид на монтаж электронной части станка показан на **рис. 10**.

Работа на станке аналогична описанной в [2], но начальная установка сверла осуществляется иначе: вставив сверло, кнопкой SB4 опускают шпиндель станка так, чтобы конец сверла ушёл ниже поверхности стола (с учётом осевого люфта двигателя) на 1...2 мм, и запускают первый цикл сверления кнопкой SB1. После того как шпиндель установится в исходное положение, сверлят отверстия, пользуясь только кнопкой SB1.

Указатель для полуавтоматического сверлильного станка

Для сверления отверстий в печатных платах некоторые радиолюбители изготавливают сверлильные станки. Их преимущества перед микродрелями общеизвестны. Однако при использовании станка, особенно с полуавтоматическим управлением, возникает проблема: как определить положение платы на столике станка, чтобы отверстие оказалось там, где нужно? Самый простой вариант — опустить сверло почти до касания платы, после чего сдвинуть её с таким расчётом, чтобы место сверления оказалось точно под сверлом, и начать сверление — не очень удобен, поскольку требует лишних операций, да и приемлем он только в станке с ручной подачей сверла. В станке с полуавтоматическим управлением он очень неудобен, поэтому необходим указатель места сверления отверстия. В станке, описанном в статье [1], для этого применён лазерный указатель, однако и он не лишён недостатков. Так, чтобы сфокусировать луч лазера в небольшую точку, приходится снижать ток, протекающий через лазерный излучающий диод, что ведёт к снижению заметности точки на плате. Кроме того, яркость этой точки зависит от того, под каким углом она видна, что также неудобно. Наконец, подходящий лазер ещё нужно найти.

После неудачных попыток приспособить для этой цели переделанную лазерную указку я решил поискать другой вариант указателя. В результате получился практически не требующий затрат указатель, хорошо видимый под любым углом и позволяющий установить плату под сверлом с достаточной точностью. Для его изготовления потребуется полоска полупрозрачного гибкого и желательно цветного пластика (я выбрал зелёный — он лучше виден на плате) толщиной 0,4...0,6 мм (её размеры некритичны и определяются размерами столика станка). Крепят полоску на нём винтами М3 с гайками, для чего на одном из её концов и на краю столика сверлят по два отверстия диаметром 3,2 мм. Разметить их центры следует таким образом, чтобы противоположный конец закреплённой полоски расположился под сверлом, как показано на **рис. 11**. А для того чтобы полоска при сверлении располагалась параллельно плате, между ней (полоской) и столиком станка помещают прокладку толщиной 1,5...2 мм. После этого в полоске сверлят отверстие диаметром 2,5...3 мм, которое собственно и будет указателем положения сверла относительно платы в горизонтальной плоскости. При работе обрабатываемую плату кладут на столик станка печатными проводниками вверх, вдвигают в зазор между ним и полоской пластика и, перемещая её в горизонтальной плоскости, фиксируют на столике в таком положении, в котором в центре отверстия в полоске пластика виден центр будущего отверстия в плате.

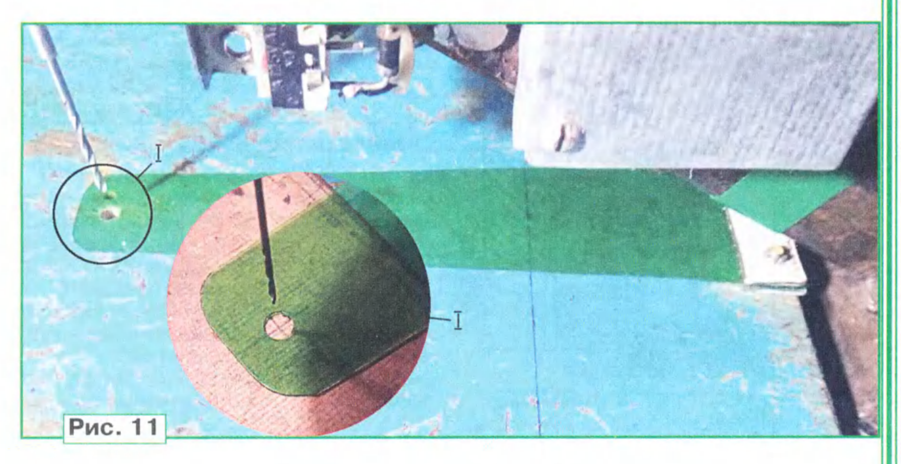


Рис. 11

ЛИТЕРАТУРА

1. **Паршин И.** Полуавтоматический сверлильный станок с лазерным указателем. — Радио, 2015, № 7, с. 32—35.

2. **Герасимов Е.** Блок управления сверлильным станком. — Радио, 2016, № 1, с. 24—26.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 7, 2017

Оптронный аналог переменного резистора

С. ДОЛГАНОВ, г. Барабинск Новосибирской обл.

Устройство, о котором идёт речь в статье, представляет собой оптопару с механически регулируемой оптической связью. Изменение этой связи от нуля до максимальной величины осуществляется поворотом расположенной между излучающим диодом и фотоприёмником заслонки особой формы из светонепроницаемого материала. Угол поворота заслонки зависит от её формы. Если, например, это круг с центром, смещённым относительно оси валика управления, угол поворота равен 180°, а если спираль Архимеда, — 360°. Такую оптопару можно применить в качестве регулятора громкости в оконечных каскадах усилителей ЗЧ, в формирователях управляющего напряжения для смещения транзисторов, варикапов, в управляемых аттенюаторах, ГУНах и т. д. Поскольку результат работы устройства проявляется в изменении тока или напряжения в управляемой цепи, будем называть его оптронным аналогом переменного резистора (для краткости — ОАПР).

ОАПР обладает вибрационной устойчивостью и помехозащищённостью от ИК-излучений. Конструкция прибора позволяет легко заменять излучающие диоды и фотоприёмники с автоматической установкой по оптической оси при соответствии диаметров их пластиковых линз входному диаметру светового канала.

Устройство ОАПР представлено на **рис. 1**. Его основа — передняя (5) и задняя (3) стенки из непрозрачной листовой пластмассы или иного относительно плотного материала (например, напольного ламината), соединённые шурупами 7 через прокладки 1. На передней стенке с помощью ещё двух таких же шурупов и планки-держателя 8 закреплён излучающий диод 10, а на задней — фотоприёмник 9.

Фигурная заслонка 4 (в данном случае круг со смещённым на 2 мм цент-

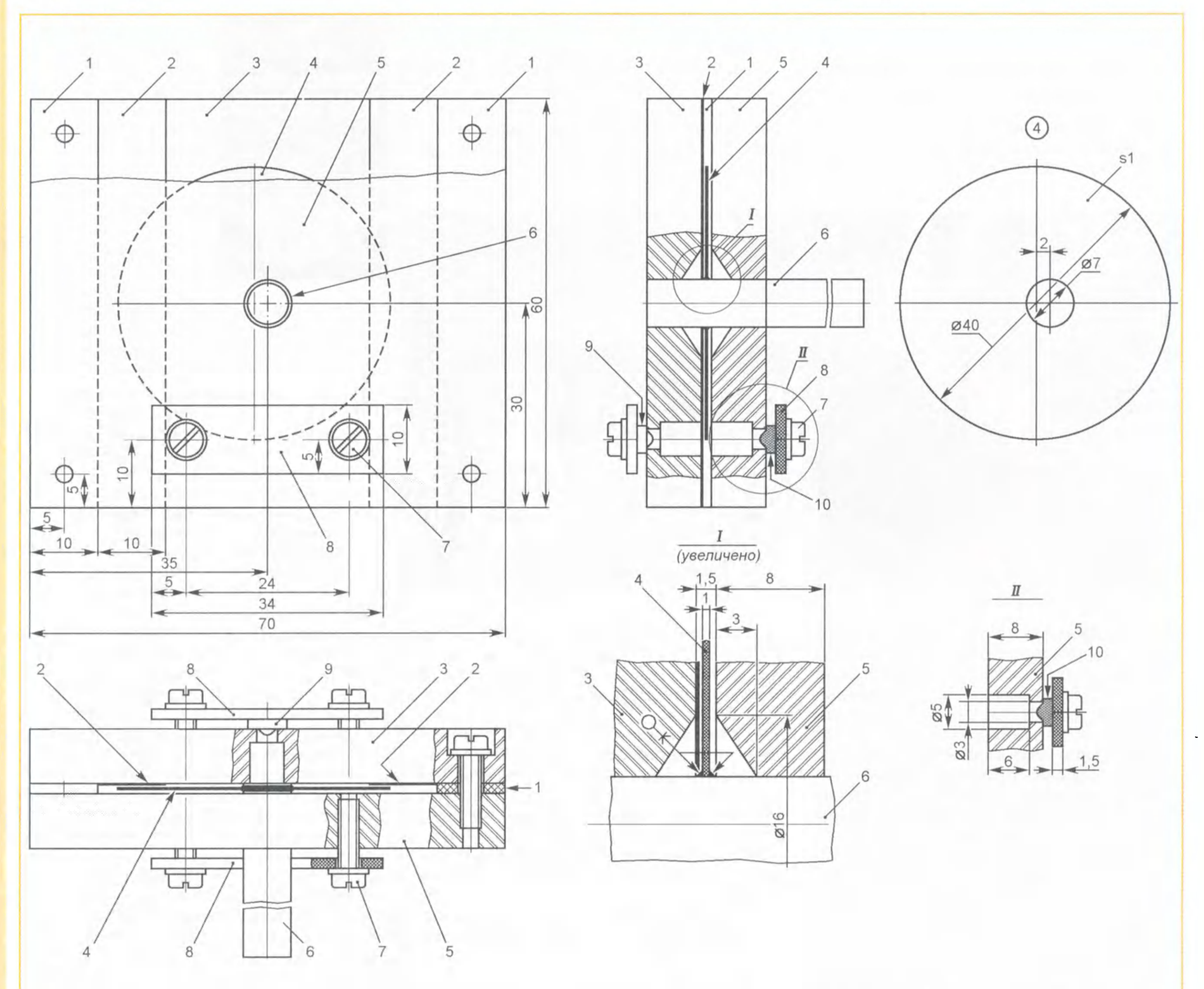
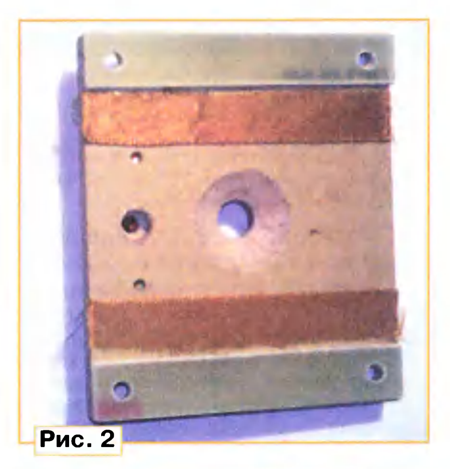


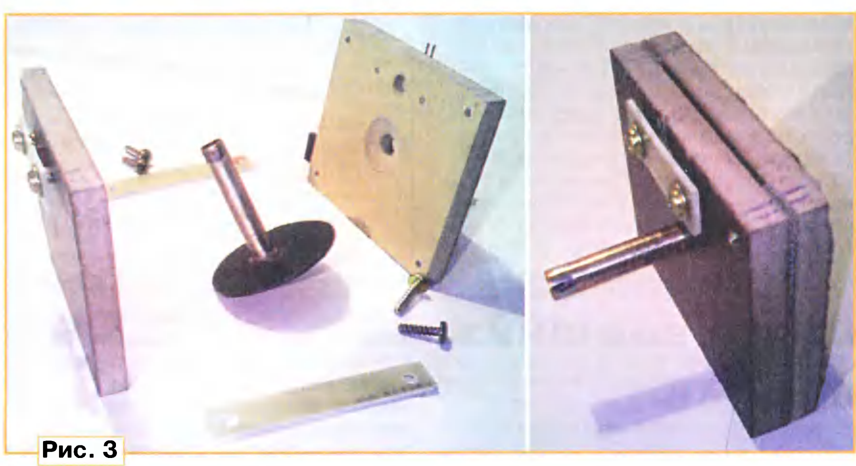
Рис. 1. 1 — прокладка, стеклотекстолит толщиной 1,5 мм, 2 шт.; **2** — тормоз, ткань атласная, 2 шт., приклеить к детали 3 клеем "Момент", не допуская пропитки им ткани; **3, 5** — стенки соответственно задняя и передняя, ламинат толщиной 8 мм, скрепить одну с другой через прокладки 1 шурупами 7; **4** — заслонка, пластик листовой толщиной 1 мм, приклеить к детали 6 клеем "Момент"; **6** — валик, трубка латунная внешним диаметром 7 мм; **7** — шуруп-саморез 3,5×12 (диаметр × длина, мм), 8 шт.; **8** — планка-держатель элементов оптопары, стеклотекстолит толщиной 1,5 мм, 2 шт., крепить к деталям 3 и 5 шурупами 7; **9** — фотоприёмник; **10** — излучающий диод

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru


Рис. 2

ром) изготовлена из непрозрачной пластмассы толщиной, примерно на 0,5 мм меньшей, чем прокладки 1, и закреплена с помощью клея "Момент" на пустотелом латунном валике 6 (использовано колено с наружным диаметром 7 мм от телескопической антенны). Эта деталь ОАПР может быть изготовлена и из сплошного металла (из прутка диаметром 6...7 мм). Для того чтобы заслонка вращалась без люфта и не изменяла своего положения самопроизвольно, отверстия под валик 6 в стенках 3 и 5 необходимо изготовить возможно точнее, с минимальным зазором, а к стенке 3 с внутренней стороны надо приклеить полоски тонкой ткани 2 (**рис. 2**), которые будут выполнять функции тормозных устройств заслонки. Внешний вид одного из вариантов ОАПР показан на **рис. 3**.

После сборки устройства следует снять его передаточную характеристику — зависимость тока фотоприёмника $I_ф$ (или напряжения на нём $U_ф$) от тока через излучающий диод $I_{ид}$ при "открытой" заслонке (когда она находится в положении минимального влияния на световой поток от излучающего диода к фотоприёмнику) для возможной коррекции схемы устройства, в котором предполагается использовать ОАПР. В качестве примера на **рис. 4** представлены схема измерений (а) и передаточная характеристика (б) ОАПР с компонентами оптопары от датчика бумаги принтера, а на **рис. 5** — то же, с компонентами оптопары из пожарного дымового извещателя ИП-212 выпуска 2009 г. В обоих случаях ток через излучающий диод VD1 регулируют переменным резистором R1, а измеряют в первом случае миллиамперметром PA2, а во втором — PA1. Для измерения тока фотоприёмника используют миллиамперметр PA1 (см. рис. 4), а для измерения напряжения на нём — милливольтметр PV1.


Рис. 3

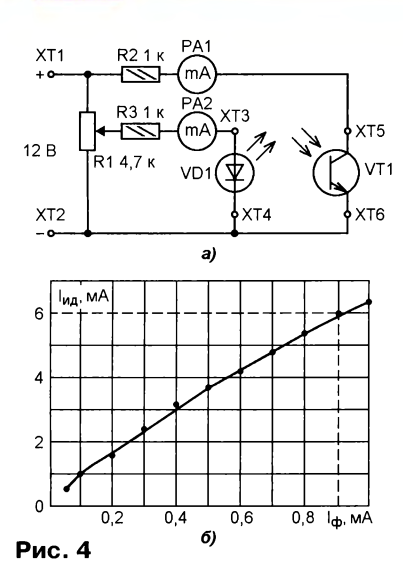


Рис. 4

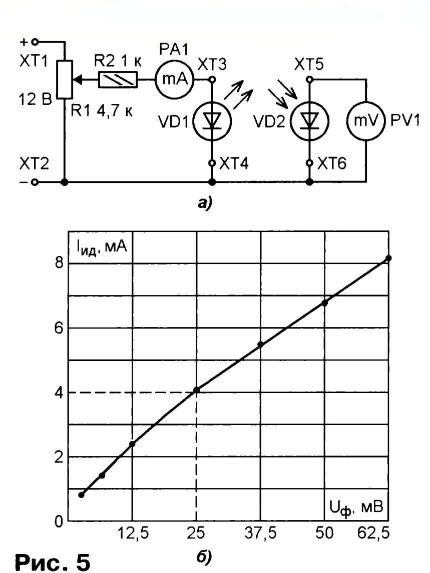


Рис. 5

Схема одного из устройств, в котором испытывался ОАПР, — формирователя управляющего напряжения на полевом транзисторе BE4D1H показана на **рис. 6**. Элементы оптопары извлечены из узлов с маркировкой IA34LG или ONI350, применяемых в принтерах. Рабочая точка оптопары выбрана в верхней части передаточной характеристики. При необходимости напряжение питания устройства можно увеличить, скорректировав соответствующим образом ток через излучающий диод VD1. Входное сопротивление повторителя на транзисторе VT2 при низком напряжении на затворе довольно велико (больше 20 кОм), поэтому может потребоваться экранирование проводов, идущих к фототранзистору VT1. Устройство испытывалось для непосредственного управления уровнем звука. Результат отрицательный (велик уровень шумов).

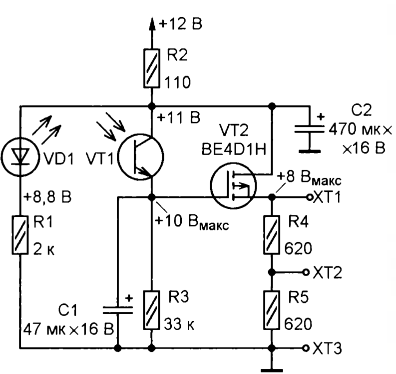


Рис. 6

Схема усилителя мощности ЗЧ с регулируемым ОАПР уровнем громкости изображена на **рис. 7**. Излучающий диод VD1 включён в стоковую цепь транзистора VT1, фотодиод VD2 — в цепь затвора VT2. Для уменьшения шумов оптопары последний использован в режиме генерации напряжения. Рабочая точка выбрана в середине близкого к линейному участка передаточной характеристики. Её линеаризация осуществляется с помощью отрицательной ОС через цепь R16C8, показанную на схеме штриховой линией.

Выходная мощность усилителя на нагрузке сопротивлением 4 Ом — 0,5 Вт. При входном переменном напряжении 0,15 В частотой 800 Гц на активной нагрузке 4,7 Ом получено напряжение 1 В. С увеличением частоты до 8 кГц напряжение на выходе уменьшается в два раза. При полностью введённой заслонке наблюдается подъём низших частот (амплитуда напряжения частотой 80 Гц в 1,5 раза выше, чем на частоте 800 Гц). На слух, по изменению громкости в зависимости от угла поворота заслонки, устройство соответствует переменному резистору группы В.

Налаживание усилителя сводится к проверке указанных на схеме значений

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

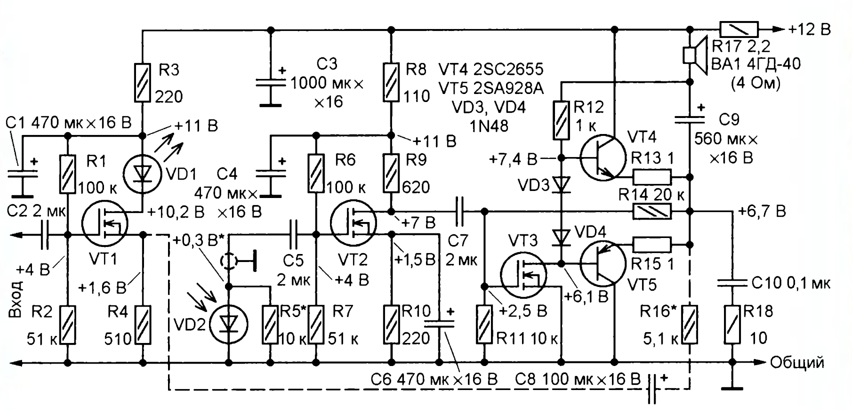


Рис. 7

напряжения (измерены прибором Ц4353 при напряжении питания 12 В; напряжение на истоке транзистора VT1 — по шкале 3 В). Отрицательную ОС подбирают на слух, изменяя сопротивление резистора R16 в пределах от 7 до 2 кОм. Коэффициент усиления по напряжению можно уменьшить до 2.

Фотодиод VD2 работает в режиме генерации напряжения. Его необходимо шунтировать резистором R5 сопротивлением 10 кОм, а для соединения с затвором транзистора VT2 применить экранированный провод. Кроме того, необходимо исключить влияние на VD2 посторонних видимого и ИК-излучений. При необходимости, на заключительном этапе настройки, сопротивление резистора можно уменьшить до 5 кОм.

При экспериментах в качестве VT1—VT3 использовались транзисторы NO2 из системных плат компьютеров, а в качестве VT4, VT5 — указанные на схеме транзисторы из мониторов с ЭЛТ.

Работа с файлами на внешних носителях средствами BASCOM AVR

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Микроконтроллеры AVR (как, впрочем, и другие) обладают весьма ограниченным объёмом собственной памяти данных. В лучшем случае это несколько килобайт ОЗУ и примерно столько же EEPROM — вот и всё, чем располагают приборы такого класса. Это усложняет создание на их базе устройств, оперирующих большими объёмами информации. Микроконтроллер легко справляется с её приёмом, но где её хранить?

Один из примеров — устройство, регистрирующее с определённой периодичностью параметры какого-либо процесса, например, состояние окружающей среды (температуру и влажность воздуха, атмосферное давление и пр.). Пусть требуется шесть раз в час принимать и запоминать информацию с пяти датчиков. Кодовая посылка каждого датчика имеет длину пять байтов. Простой расчёт показывает, что суточный объём информации — 1440 байт. Так что EEPROM микроконтроллера серии ATmega32 объёмом 1 Кбайт не хватит даже на сутки записи.

Память данных практически любого микроконтроллера несложно нарастить, подключив к нему по соответствующему интерфейсу внешнюю микросхему памяти. Например, введение в состав упомянутого регистратора микросхемы 24LC512 с объёмом энергонезависимой памяти 64 Кбайт позволит ему вести непрерывную запись в течение полутора месяцев.

Расширение памяти данных микроконтроллерного устройства с помощью дополнительных микросхем памяти — не единственный путь решения проблемы. Можно использовать такие внешние накопители информации, как НЖМД и карты памяти, которые для программиста выглядят полным аналогом дискового накопителя. Предоставляемый таким образом объём памяти существенно больше того, который могут предоставить дополнительные микросхемы памяти. На сегодня он измеряется гигабайтами.

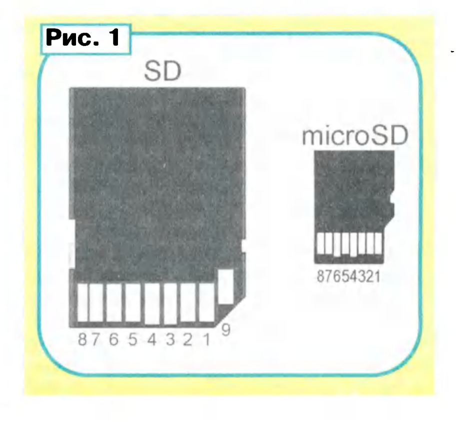
Информацию на внешнем носителе можно хранить в виде файлов, доступных для чтения и записи любому современному компьютеру. Это существенно упрощает перенос собранной микроконтроллерным устройством информации на компьютер и обратно.

Конечно, сегодня сложно представить себе микроконтроллерное устройство, оснащённое НЖМД. Это резко увеличит его габариты и потребляемую мощность, усложнит систему электропитания. Но в качестве внешних носителей информации в таких устройствах вполне могут быть использованы карты памяти. В предлагаемой статье рассмотрены основы работы микроконтроллеров AVR с картами памяти наиболее распространённых сегодня форматов SD (Secure Digital) и SDHC (Secure Digital High Capacity) средствами системы программирования BASCOM AVR.

Подключение карт SD к микроконтроллеру

Карты SD могут взаимодействовать с микроконтроллером через интерфейс, который так и называется SD, и через более универсальный, хотя и более медленный, интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface). От используемого интерфейса зависят назначение выводов карты и схема её подключения к микроконтроллеру. Так как у восьмиразрядных микроконтроллеров семейства AVR нет аппаратного интер-

Рис. 1



фейса SD, будем рассматривать подключение к ним карт по интерфейсу SPI, реализованному практически во всех микроконтроллерах.

Сегодня полноразмерные карты SD практически вытеснены картами microSD (**рис. 1**). Назначение выводов карт обоих форматов при обмене информацией по интерфейсу SPI приведено в **табл. 1**. Оба варианта одинаково пригодны для работы с микроконтроллерами, хотя и различаются расположением одноимённых выводов.

Таблица 1

Вывод		Цепь	Назначение
SD	microSD		
1	2	$\overline{CS}$	Выбор карты
2	3	DI	Информ. вход
3		GND	Общий провод
4	4	VCC	+3,3 В
5	5	SCLK	Синхронизация
6	6	GND	Общий провод
7	7	DO	Информ. выход

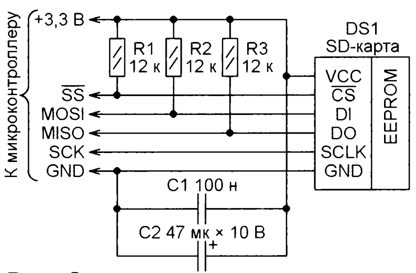


Рис. 2

Допустимое напряжение питания карты (VCC) — 2,7...3,6 В. Поэтому к микроконтроллеру с напряжением питания 5 В карту приходится подключать через преобразователи логических уровней информационных и управляющих сигналов. Избавиться от преобразователей позволяет питание микроконтроллера напряжением 3,3 В, что допустимо для большинства из них. В этом случае подключать карту к выводам микроконтроллера можно напрямую, как показано на схеме **рис. 2**.

Особо следует отметить важность конденсатора C2. Дело в том, что при подключении карты к работающему микроконтроллеру в цепи её питания возникает бросок тока амплитудой до 100 мА, что может вызвать кратковременную "просадку" питающего напряжения и сбой в работе микроконтроллера. Конденсатор C2 минимизирует этот эффект. Располагать его следует как можно ближе к выводам питания контактного устройства, в которое вставляют карту.

Рассматриваемая схема пригодна для микроконтроллеров, в которых интерфейс SPI с линиями $\overline{SS}$, MOSI, SCK, MISO реализован аппаратно. Однако его можно реализовать и программно. При этом для соединения с картой можно использовать любые четыре линии портов микроконтроллера.

Организация работы с картами SD в среде BASCOM AVR

С точки зрения программиста, структура карты SD проста — это накопитель информации, разбитый на секторы размером по 512 байт каждый и снабжённый управляющим контроллером. Полную спецификацию карт SD, в том числе и перечень команд их управляющих контроллеров, можно найти в [1].

Посылая по интерфейсу необходимые команды контроллеру карты, получают доступ к её накопителю — читают и записывают информацию. Это так называемая низкоуровневая работа с картой. Его достоинство — большая скорость доступа при скромных требованиях к ресурсам микроконтроллера.

Однако реализация низкоуровневой работы требует от программиста высокого мастерства и знания не только микроконтроллера, но и системы команд контроллера карты. Нужно соблюдать и стандартные соглашения о принципах размещения информации в её накопителе. Без их соблюдения будет затруднён обмен информацией между разными устройствами. Прикладная программа в этом случае в мельчайших подробностях описывает весь процесс работы с картой, что делает её текст сложным и большим по объёму. Достигаемый эффект — сложная, но максимально эффективная программа.

Для облегчения труда программистов разработано значительное число стандартных библиотек процедур и функций, необходимых для работы с внешними накопителями информации. Они позволяют им уйти от общения с накопителем на уровне команд его контроллера, предлагая ряд стандартных процедур, которые вызывают с помощью команд ДОС (дисковой операционной системы). Это позволяет существенно упростить разработку программ, взаимодействующих с дисками, сделать работу с ними более простой и понятной. Хранение информации на дисках в виде файлов обеспечивает её гарантированный перенос между различными вычислительными системами.

Однако следует понимать, что ничто не даётся даром. За простоту и удобство приходится платить. Применительно к вычислительной системе эта плата — более жёсткие требования к её ресурсам и некоторое снижение скорости выполнения дисковых операций по сравнению с низкоуровневой работой.

Для системы программирования BASCOM AVR разработана библиотека AVR-DOS, содержащая основные функции для взаимодействия с дисковыми накопителями. Эта библиотека интегрирована в состав BASCOM AVR, начиная с версии 1.11, и обладает следующими возможностями:

— работает с файловыми системами FAT16 и FAT32;

— использует имена файлов формата DOS (8.3);

— читает и записывает текстовые и двоичные файлы;

— использует секторы длиной 512 байт;

— использует линейную адресацию секторов (LBA);

— работает с НЖМД и с картами памяти форматов CF (CompactFlash) MMC (MultiMedia Card), SD (Secure Digital) и SDHC (Secure Digital High Capacity), а также с виртуальными дисками, созданными во внешней памяти микроконтроллера.

Системные требования AVR-DOS

Для организации AVR-DOS требуется около четырёх килобайт программной памяти микроконтроллера. Её буферы и переменные окружения занимают в ОЗУ микроконтроллера около двух килобайт в полной конфигурации или около 1500 байт в минимальной конфигурации. Сравнивая эти требования с возможностями восьмиразрядных микроконтроллеров AVR, можно сделать вывод, что использовать AVR-DOS в полной конфигурации, обеспечивающей максимальную скорость выполнения дисковых операций, возможно лишь на микроконтроллерах семейств ATmega64, ATmega128, ATxmega.

В минимальной конфигурации AVR-DOS скорость работы с дисками меньше, но можно применять микроконтроллеры более распространённого среди радиолюбителей семейства ATmega32. В этом случае для использования прикладной программой остаются свободными около 500 байт ОЗУ. Не так уже и мало, особенно при грамотном использовании оперативной памяти.

Состав библиотек

Для работы с AVR-DOS среди библиотек BASCOM AVR в подпапке LIB должны присутствовать основная библиотека AVR-DOS — файл AVR-DOS.LIB (AVR-DOS.LBX) и библиотека-драйвер используемого накопителя.

Драйвер для карт формата SD и предшествующего ему формата MMC находится в библиотеке MMC.LIB, которая входит в стандартный набор библиотек BASCOM AVR. Однако сегодня практическая ценность этой библиотеки невелика, так как карты памяти, для которых она предназначена, стали редкостью, уступив место SDHC. Для работы с этими картами, а также с картами MMC и SD служит новая версия библиотеки-драйвера MMCSD_HC.LIB. Если в используемой версии BASCOM AVR она отсутствует, этот файл следует найти в Интернете и скопировать его в подпапку LIB папки BASCOM AVR.

Библиотеку MMCSD_HC.LIB можно использовать с любой версией BASCOM AVR, в которой имеется старая библиотека MMC.LIB. Кроме расширения номенклатуры поддерживаемых карт, MMCSD_HC.LIB работает и с микроконтроллерами семейства ATxmega. Работа с ними будет рассмотрена отдельно, а пока дальнейшие рассуждения справедливы для работы с микроконтроллерами ATmega.

Конфигурирование AVR-DOS

Для корректной работы обе библиотеки AVR-DOS (основная и драйвер) должны быть подключены директивами $Lib к прикладной программе и сконфигурированы под особенности конкретного микроконтроллера. Конфигурацию корректируют, внося необходимые изменения в разделы пользовательских

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

настроек конфигурационных файлов Config_AVR-DOS.BAS (для основной библиотеки) и Config_MMCSD_HC.BAS (для драйвера). Эти файлы приложены к статье. Технически это выполняют, открыв конфигурационный файл в любом текстовом редакторе и заменив значения имеющихся там параметров требуемыми.

В файле Config_AVR-DOS.BAS раздел пользовательских настроек (User Settings) содержит шесть параметров-констант, из которых важнейшие два первых — Cfilehandles и Csepfathandle. Именно они определяют требующийся операционной системе объём ОЗУ, а следовательно, производительность дисковой подсистемы и возможность её работы с микроконтроллерами разных типов.

Константа Cfilehandles указывает число идентификаторов файлов, одновременно открытых в системе. Для каждого идентификатора будут выделены 524 байта ОЗУ. Для работы в минимальной конфигурации следует задать Cfilehandles = 1, а в максимальной — Cfilehandles = 2.

Константа Csepfathandle задаёт способ буферизации текущего раздела FAT и текущей директории. При Csepfathandle = 0 эти буферы по очереди используют одну и ту же область оперативной памяти объёмом 561 байт, что уменьшает скорость работы с файлами. При Csepfathandle = 1 будут созданы раздельные буферы, которые займут 1078 байт ОЗУ. Рекомендуется Csepfathandle = 1 даже в минимальной конфигурации задавать.

Оставшиеся четыре параметра не столь важны и обычно не нуждаются в изменении. Можно разобраться в них самостоятельно, прочитав материалы, изложенные в [2]. Откорректированный файл необходимо сохранить под тем же именем.

В файле Config_MMCSD_HC.BAS раздел пользовательских настроек назван user definable range. В нём константа Cmmc_soft задаёт тип используемого для связи с картой интерфейса SPI (Cmmc_soft = 0 — аппаратный, Cmmc_soft =1 — программный). Следует отдавать предпочтение аппаратной реализации SPI, так как это позволяет уменьшить объём программы. При использовании аппаратного SPI в секции HW-SPI следует указать следующее:

1. К какому выводу микроконтроллера подключён вывод CS карты. При использовании аппаратного SPI это вывод, на который микроконтроллер выводит сигнал SS. Например, у микроконтроллера ATmega32 это вывод PB4, следовательно, в приведённый ниже фрагмент текста следует внести изменения, выделенные красным цветом:

```
' define Chip-Select Pin
 Config Pinb.4= Output
 Mmc_cs Alias Portb.4
 Set Mmc_cs
```

2. На каком выводе микроконтроллер формирует сигнал SS. Это всегда тот же вывод, который был указан в предыдущем пункте:

```
' define here SS Pin of HW-SPI
 Config Pinb.4 = Output
 Spi_ss Alias Portb.4
 Set Spi_ss
```

На этом конфигурирование аппаратного SPI заканчивается. Секцию Soft-SPI корректировать нет необходимости, поэтому осталось сохранить откорректированный файл.

Если для работы с картой всегда будет использоваться программный SPI, корректировке подлежит только секция Soft-SPI, а секция HW-SPI остаётся нетронутой. В секции Soft-SPI в этом случае необходимо указать, на какие линии микроконтроллера будут выведены интерфейсные сигналы SS, MOSI, SCK и MISO, после чего сохранить откорректированный файл. На практике процедура конфигурирования занимает считаные минуты.

После корректировки оба конфигурационных файла следует директивами $include подключить к программе

```
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 12000000
$hwstack = 40
$swstack = 16
$framesize = 32
$include "Config_MMCSD_HC.BAS"
Gbdriveerror = Driveinit()
If Gbdriveerror > 0 Then
' здесь указывают действия,
' которые выполняют при
' ошибке инициализации
End If
$include "Config_AVR-DOS.BAS"
```

Естественно, файлы должны находиться в одной папке с прикладной программой, в противном случае в директиве необходимо указывать полные пути к ним. Сначала подключают библиотеку-драйвер и вызывают функцию инициализации контроллера карты Driveinit(). Возвращаемое ею значение показывает результат инициализации. Если оно отлично от нуля, произошла ошибка.

После успешной инициализации драйвера происходит подключение конфигурационного файла AVR DOS. После этого программисту становится доступным большой набор процедур и функций для работы с дисковой подсистемой. Вот их перечень: INITFILESYSTEM, OPEN, CLOSE, FLUSH, PRINT, LINE INPUT, LOC, LOF, EOF, FREEFILE, FILEATTR, SEEK, BSAVE, BLOAD, KILL, DISKFREE, DISKSIZE, GET, PUT, FILEDATE, FILETIME, FILEDATETIME, DIR, FILELEN, WRITE, INPUT, GETATTR, NAME, CHDIR, MKDIR, RMDIR. Их синтаксис и полное описание достаточно полно раскрыты в [1], а на русском языке — в [3]. Здесь они не рассматриваются.

Следует отметить, что в программах для микроконтроллеров семейства ATmega можно встретить упрощённый вариант подключения конфигурационных файлов без использования функции Driverinit():

```
$include "Config_MMCSD_HC.BAS"
$include "Config_AVR-DOS.BAS"
```

У внимательного читателя может возникнуть вопрос: "Как же конфигурируются библиотеки, ещё не подключённые к программе?" Действительно, строк

```
$lib "MMCSD_HC.LIB"
$lib "AVR-DOS.LIB
```

в приведённых фрагментах программ нет. Однако они и не нужны, поскольку каждый конфигурационный файл подключает соответствующую библиотеку сам.

Следует иметь в виду, что после подключения карты к микроконтроллеру необходимо первым делом вызовом функции InitFileSystem() инициализировать её файловую систему. Если возвращённое этой функцией значение отлично от нуля, значит, обнаружена ошибка файловой системы на карте, и никакие операции с ней выполнены быть не могут. Если необходима возможность "горячей" (без выключения устройства) замены карт, то инициализировать файловую систему необходимо всякий раз после замены карты.

Особенности использования карт SD с микроконтроллерами ATxmega

В Интернете встречаются вопросы о проблемах работы AVR-DOS на микроконтроллерах семейства ATxmega. Как следует из этих вопросов, программы компилируются с ошибками, но даже если ошибки удаётся устранить, всё равно "ничего не работает". Проблема есть, и я постарался докопаться до её истоков. По моему мнению, причины в следующем:

— различный уровень поддержки семейства ATxmega разными версиями BASCOM AVR. Разработчик этой системы отмечает, что полную поддержку микроконтроллеров семейства ATxmega обеспечивают версии BASCOM AVR, начиная с 2.0.7.5. Следовательно, нет никаких гарантий, что работоспособная файловая система может быть построена с помощью компилятора более ранней версии;

— неправильное конфигурирование библиотеки-драйвера. Конфигурационный файл Config_MMCSD_HC.BAS, который чаще всего встречается в Интернете и поэтому чаще всего используется, не работает с ATxmega. Для этого семейства существует новая версия этого файла. Я назвал её Config_MMCSD_HC-Xmega.BAS и приложил к статье;

— использование нелицензионных копий BASCOM AVR. На мой взгляд, это основная причина. Видимо, методы защиты, которые разработчик применяет в своём программном продукте, хакеры не смогли обойти полностью. В результате чего взломанный продукт оказывается работоспособным лишь частично;

— некорректный перенос на ATxmega программ, разработанных для микроконтроллеров семейства ATmega. Простой пример — инициализация дисковой подсистемы без вызова функции Driveinit(), допустимая для ATmega, не подходит для ATxmega.

Эти выводы сделаны в результате испытаний простого устройства, схема которого изображена на **рис. 3** со столь же простой программой test.bas, приложенной к статье. Программа бесконечно воспроизводит записанный на карте SDHS аудиофайл 1.wav (8 разрядов, моно, 44100 Гц). Нужно сразу предупредить о довольно низком качестве воспроизводимого звука. Ведь задача программы — всего лишь продемонстрировать функционирование дисковой подсистемы микроконтроллерного

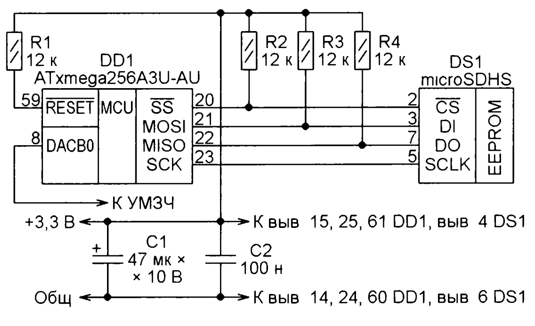


Рис. 3

устройства. Поэтому никаких мер, обеспечивающих высокое качество воспроизведения, в ней не принято сознательно. В их числе буферизация считываемой с карты информации, фильтрация выходного сигнала.

Я компилировал программу test.bas в различных условиях и, если она проходила успешно, проверял результат на работоспособность. Использовались не только лицензионные версии BASCOM AVR, но и несколько версий, скачанных из Интернета. Результаты проверки приведены в **табл. 2**.

Рекомендую всем радиолюбителям использовать только лицензионное программное обеспечение. Это позволит избежать проблем, подобных описанным выше, а при их возникновении даст возможность получить квалифицированную техническую поддержку разработчиков.

Таблица 2

BASCOM AVR		Компиляция	Работоспособность
Версия	Лицензия		
2.0.7.9 beta	Имеется	Успешная	Подтверждена
2.0.7.8	Имеется	Успешная	Подтверждена
2.0.7.5	Отсутствует	С ошибками	Нет
2.0.7.8	Отсутствует	С ошибками	Нет

ЛИТЕРАТУРА

1. SD Simplified Specifications. — URL: **https://www.sdcard.org/downloads/pls/index.html** (02.01.17).

2. Окружение AVR-DOS. — URL: **http://roboforum.ru/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_AVR-DOS** (02.01.17).

3. Основные команды AVR-DOS. — URL: **http://roboforum.ru/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%8B_AVR-DOS** (02.01.17).

***От редакции.** Упомянутые в статье файлы и программа находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/avrdos.zip** на нашем FTP-сервере.*

Измеритель ёмкости аккумуляторов на Arduino

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Сегодня в эксплуатации находится большое число аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Все мобильные устройства, в первую очередь, мобильные телефоны, смартфоны, планшеты, проигрыватели, как правило, питаются от аккумуляторов. Кроме того, аккумуляторные батареи установлены в блоках бесперебойного питания, ноутбуках и нетбуках. Нередко эти источники питания выходят из строя — уменьшается их ёмкость, увеличивается внутреннее сопротивление. Предлагаемое устройство, собранное на основе микроконтроллерной платы Arduino Uno, позволяет провести диагностику аккумуляторов и аккумуляторных батарей — измерить их ёмкость и внутреннее сопротивление.

Это устройство предназначено для измерения электрической ёмкости аккумуляторов и аккумуляторных батарей (далее — аккумуляторов) напряжением от 1 до 15 В и ёмкостью до 20...30 А·ч. Стабильный ток разрядки можно установить переменными резисторами в интервале 0...3 А, напряжение отключения — 0...15 В. Применён двухстрочный шестнадцатисимвольный ЖКИ, на который выводится информация о четырёх параметрах аккумулятора: текущем напряжении, напряжении отключения (пороговом), разрядном токе и ёмкости. Причём ёмкость измеряется постоянно, и в любой момент можно посмотреть её текущее значение. Когда напряжение аккумулятора станет меньше порогового, разрядка останавливается, раздаётся звуковой сигнал, включается светодиод красного свечения, а на ЖКИ будут выведены все указанные выше параметры. Кроме того, если в процессе разрядки нажать на кнопку, на ЖКИ дополнительно выводится информация о внутреннем сопротивлении аккумулятора и его напряжении без нагрузки.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Его основа — плата Arduino Uno, управляющая всеми узлами и выполняющая основные операции. На ОУ DA1.1, полевом транзисторе VT2 и датчике тока — резисторах R9 и R10 собран стабилизатор разрядного тока, значение которого устанавливают переменными резисторами R3 "Грубо" и R4 "Точно". Это позволило задавать желаемый ток разрядки в широком интервале, кроме того, упростить программу и, в итоге, просто измерять время разрядки. Пороговое напряжение, до которого следует разряжать аккумулятор, устанавливают переменными резисторами R5 "Грубо" и R6 "Точно". Напряжение аккумулятора, пороговое, а также на датчике тока измеряет Arduino (входы A0, A1 и A2 соответственно). Значения первых двух напряжений выводятся на ЖКИ HG1. Ток разрядки вычисляется как отношение напряжения на датчике тока к его сопротивлению, а ёмкость аккумулятора (С) — как произведение разрядного тока на прошедшее время. Ток и ёмкость также отображаются на экране ЖКИ. Информацию о пороговом напряжении и токе разрядки модуль Arduino не запоминает, а считывает непосредственно с движков переменных резисторов, поэтому после установки их не следует трогать.

Для повышения точности измерений весь интервал входного напряжения разбит на два, граница между ними — 4,9 В. Интервалы переключаются автоматически с помощью управляемого аттенюатора на элементах R1, R8 и VT1. В первом интервале транзистор VT1 закрыт, и всё напряжение аккумулятора поступает на вход A0. Во втором интервале высокий уровень с выхода A4 открывает транзистор VT1, и на вход A0 поступает примерно втрое меньшее напряжение.

О режиме разрядки сигнализирует светодиод HL2, который включается низким логическим уровнем с выхода 7 платы Arduino. В этом случае транзистор VT3 закрыт, светодиод HL1 обесточен и управляющее напряжение с выхода ОУ DA1.1 беспрепятственно поступает на затвор транзистора VT2. По окончании разрядки на выводе 7 появляется высокий уровень, светодиод HL2 гаснет, а транзистор VT3 открывается. Включается светодиод HL1 (ток через него ограничивает резистор R7), напряжение на затворе транзистора VT2 уменьшается до 1,8...2 В, в результате чего он закрывается и разрядка аккумулятора прекращается. Одновременно это сопровождается троекратным звуковым сигналом. Диоды VD2 и VD3 защищают вход A0 платы Arduino от превышения или неправильной полярности входного напряжения.

Если рассеиваемая на транзисторе VT2 мощность превышает несколько ватт, необходимо с помощью выключателя SA1 включить вентилятор.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

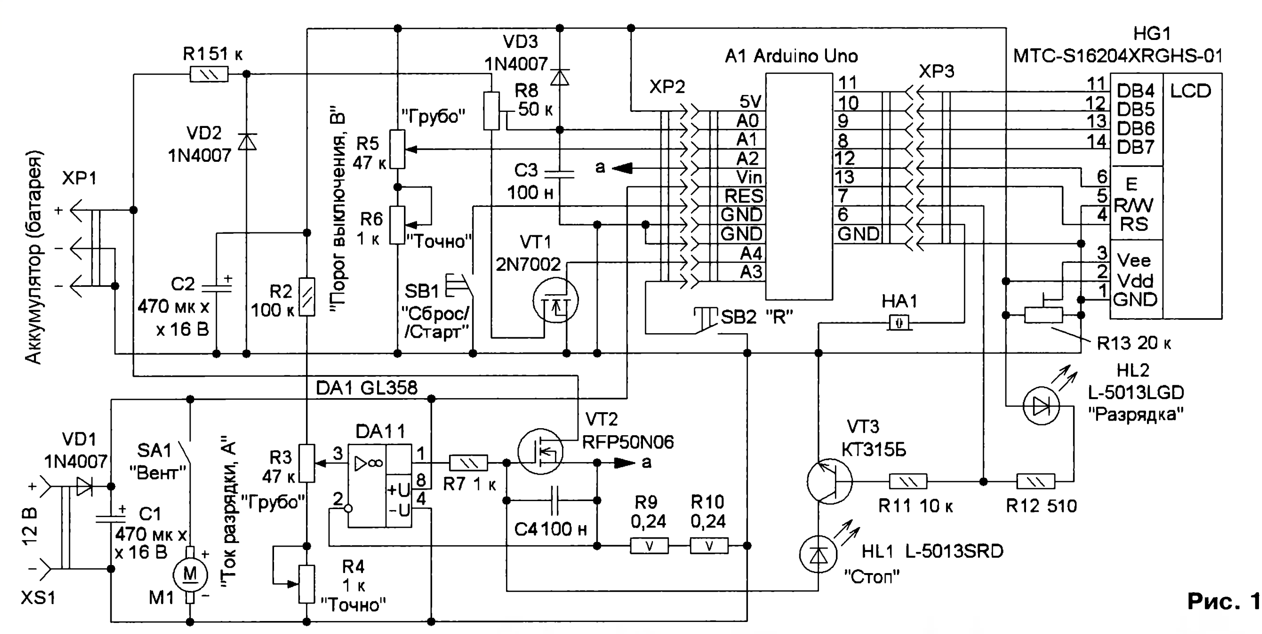


Рис. 1

Питают устройство от внешнего (лучше стабилизированного) блока питания напряжением 12 В, который подключают к гнезду XS1. Для защиты от неправильной полярности питающего напряжения установлен диод VD1. В некоторых случаях, например, при измерении параметров аккумулятора ёмкостью несколько ампер-часов и напряжением 12 В, устройства можно питать непосредственно от него. Но при этом для корректного измерения ёмкости следует учесть ток, потребляемый самим устройством.

Если нажать на кнопку SB2 "R" во время разрядки, устройство периодически станет кратковременно отключать ток разрядки и измерять напряжение аккумулятора под нагрузкой и без неё. В этом случае на ЖКИ выводится информация о напряжении аккумулятора без нагрузки и о его внутреннем сопротивлении.

После подачи питающего напряжения движки переменных резисторов R3 и R5 устанавливают в нижнее, а R4 и R6 — в верхнее по схеме положение и подключают разряжаемый аккумулятор. Кратковременно нажимают на кнопку SB1 "Сброс/Старт". В результате происходит перезагрузка Arduino и включается светодиод HL2 "Разрядка" зелёного свечения. В верхнем левом углу ЖКИ появится информация о напряжении аккумулятора — Ub (в вольтах). С этого момента начинается отсчёт времени разрядки, текущая ёмкость С (в А·ч) выводится в правом верхнем углу ЖКИ. Переменными резисторами R5 и R6 устанавливают порог выключения Ut (в вольтах), при достижении которого разрядка прекращается. Этот параметр выводится в левом нижнем углу ЖКИ. Резисторами R3 и R4 устанавливают разрядный ток Ib (в амперах), он индицируется в правом нижнем углу.

Подключая аккумулятор, будьте очень внимательны! Не перепутайте полярность! Дело в том, что транзистор VT2 содержит встроенный защитный диод, подключённый анодом к истоку,

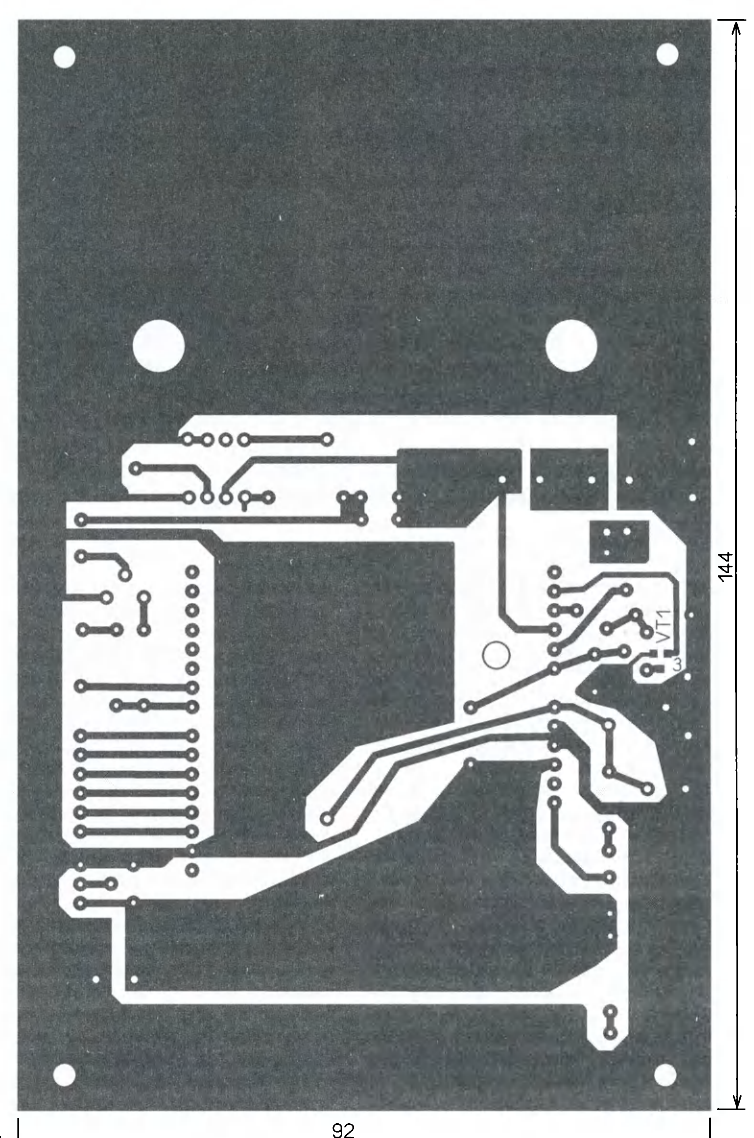


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

катодом — к стоку. Если полярность аккумулятора окажется неправильной, через этот диод и резисторы R9, R10 может протекать большой ток. Его значение зависит от параметров аккумулятора, в первую очередь, от напряжения. В результате некоторые элементы устройства могут выйти из строя.

Большинство деталей размещены на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, которая выполнена в виде платы расширения (shield). Для подключения к модулю Arduino Uno на плате устройства смонтированы штыревые разъёмы (вилки XP2 и XP3). Это позволяет в случае необходимости быстро устанавливать и снимать Arduino Uno, используя её в других проектах. Чертёж платы показан на **рис. 2**, её размеры соответствуют плате компьютерного блока питания, в корпусе которого и смонтировано устройство. Размещение элементов на плате показано на **рис. 3**, а внешний вид смонтированной платы — на **рис. 4**.

В устройстве применены постоянные резисторы Р1-4, С2-23 (кроме R9 и R10), переменные — СП4-1, СП3-4 или импортные, подстроечные — импортные или СП3-19. В датчике тока использованы два последовательно соединённых резистора серии RWR (R9 и R10) сопротивлением по 0,24 Ом и допустимой мощностью рассеяния по 5 Вт. Сделано это по двум причинам. Во-первых, они были в наличии, а во-вторых, при токе до 3 А на них будет выделяться мощность не более 4,5 Вт, поэтому разогреваться они станут не очень сильно, что повысит точность измерения. Светодиоды — любые маломощные соответствующих цветов свечения с диаметром корпуса 3 или 5 мм.

Рис. 4

Транзистор 2N7002 (установлен на плате со стороны печатных проводников) можно заменить транзистором 2N7000, КП505, BSS88. Правда, в этом случае придётся подкорректировать рисунок печатных проводников. Взамен транзистора КТ315Б подойдёт любой из серий КТ315, КТ312, КТ3102. Разъёмы XP2, XP3 — однорядные вилки PLS-10. Кнопки — любые с самовозвратом, например КМ-2. Можно применить и тактовые кнопки TC-0409 или аналогичные, закрепив их на панели с помощью клея. Гнездо для подключения источника питания может быть любым.

Как уже сказано выше, устройство собрано в корпусе компьютерного блока питания размерами 150×125×85 мм. Для подключения проверяемого аккумулятора использованы штатные сетевое гнездо и вилка (XP1). Поскольку в корпусе уже установлен вентилятор, он применён для охлаждения теплоотвода, на котором закреплён транзистор VT2. Конструкция теплоотвода должна быть такой, чтобы поток воздуха от вентилятора проходил вдоль его рёбер. Для упрощения прибора было решено включать вентилятор вручную выключателем, установленным на верхней панели, в случае, если рассеиваемая транзистором мощность превышает 5 Вт. Кроме выключателя, на верхней панели устройства размещены все переменные резисторы, светодиоды, ЖКИ и кнопка SB2, а гнездо XS1 и кнопка SB1 — на задней. Для них сделаны отверстия соответствующих форм и размеров. ЖКИ и светодиоды закреплены клеем. Для подключения разряжаемого аккумулятора использован штатный сетевой кабель от блока питания, но укороченный до 0,5 м. Поскольку кабель содержит три провода, два из них соединены параллельно. На концах проводов распаяны зажимы "крокодил", но можно применить и другие. В боковой стенке корпуса сделано отверстие для подключения USB-кабеля. Поэтому в Arduino Uno можно загружать программу (скетч), не вынимая плату из корпуса. Внешний вид устройства показан на **рис. 5**.

После загрузки скетча и подключения блока питания начинают налаживание устройства совместно с компьютером, на котором установлена интегрированная среда разработки Arduino — Arduino IDE. В первую очередь, подстроечным резистором R13 устанавливают требуемую контрастность изображения ЖКИ. Движки

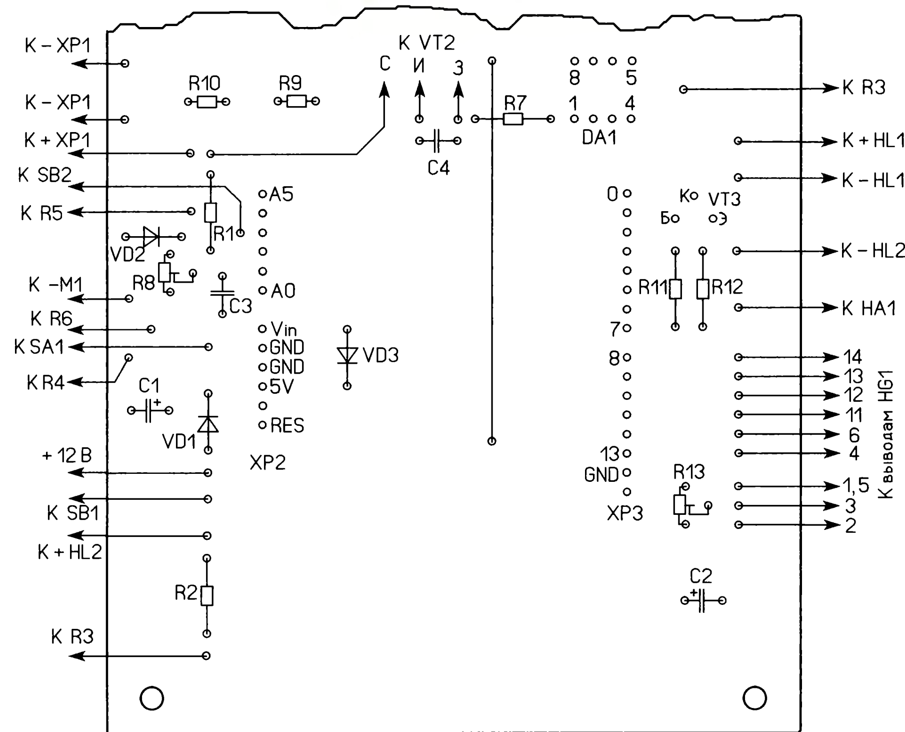


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

переменных резисторов R5 и R6 устанавливают в нижнее по схеме положение. Образцовым вольтметром измеряют напряжение питания Vcc микроконтроллера на плате Arduino Uno и заносят его в скетч, после чего загружают его в Arduino Uno.

Вход устройства подключают через образцовый амперметр к регулируемому лабораторному блоку питания с выходным напряжением 0...15 В и током до 3...4 А. Устанавливают напряжение около 4 В и переменным резистором R3 устанавливают разрядный ток 0,5...1 А. Сравнивают показания амперметра Ia и ЖКИ Ib. В случае отличий изменяют в скетче численное значение сопротивления датчика тока Rl и загружают его в Arduino Uno до получения точного совпадения показаний.

Затем вход устройства напрямую подключают к лабораторному блоку питания. К нему же подключают и образцовый вольтметр. Движки переменных резисторов R3—R6 устанавливают в нижнее по схеме положение. Устанавливают напряжение около 2,5 В и сравнивают показания вольтметра Uв и Ub на ЖКИ. Изменением поправочного коэффициента K1 (в скетче), по аналогии с предыдущим случаем, добиваются равенства показаний.

Устанавливают на выходе лабораторного блока питания напряжение около 7 В и нажимают на кнопку SB1 "Сброс/Старт". После перезагрузки подстроечным резистором R8 приближённо уравнивают показания вольтметра Uв и Ub на ЖКИ. Подборкой поправочного коэффициента K2 (в скетче) добиваются более точного равенства показаний.

В заключение определяют сопротивление соединительных проводов. Во время проведения этих работ желательно включить вентилятор. На выходе лабораторного блока питания устанавливают напряжение 8...9 В, при этом показания вольтметра Uв и Ub на ЖКИ должны совпадать. Затем резистором R3 устанавливают разрядный ток Ib = 2,5...3 А, записывают значения Ib, Uв и Ub на ЖКИ и вычисляют R = (Uв – Ub)/Ib. Это значение заносят в скетч. После такой коррекции при изменении тока разрядки от минимума до максимума показания вольтметра и Ub на ЖКИ должны практически совпадать.



Рис. 5

При нажатии на кнопку SB2 "R" на ЖКИ должны выводиться значения напряжения аккумулятора без нагрузки U0 и его внутреннего сопротивления R. Для проверки этого режима на выходе лабораторного блока питания последовательно с входными проводами устанавливают резистор сопротивлением 0,5...1 Ом и устанавливают ток разрядки 1...2 А. После нажатия на кнопку SB2 на экране ЖКИ должно индицироваться сопротивление этого резистора.

В заключение следует отметить, что для повышения точности измерения тока разрядки $I_р$, сопротивление резисторов R9 и R10, образующих датчик тока, выбрано сравнительно большим (суммарное сопротивление Rl = 0,48 Ом). На этих резисторах падает напряжение $U_д = I_р \cdot Rl$. Например, при токе 3 А $U_д$ = 1,44 В, это означает, что ниже этого напряжения аккумулятор при таком токе разрядить не получится. Но обычно отдельные малогабаритные аккумуляторы таким током и не разряжают, а батарею Ni-Cd, Ni-Mh аккумуляторов или Li-Ion аккумулятор разряжают до большего напряжения.

Но если необходимо уменьшить падение напряжения на датчике тока, в нём следует применить резистор сопротивлением, например, 0,1 Ом. Но в этом случае напряжение на нём уменьшится, а погрешность измерения возрастёт. Для устранения этого недостатка надо усилить (примерно в десять раз) напряжение с датчика тока с помощью УПТ, который можно собрать на неиспользованном ОУ в микросхеме DA1. После этого придётся установить в скетче соответствующее численное значение датчика тока, умноженное на коэффициент усиления УПТ.

В устройстве для Arduino написана самая простая программа с минимальным набором функций. Не изменяя аппаратную часть, можно существенно расширить возможности прибора. Например, повысить точность измерения напряжения, используя способы измерения образцового напряжения и применяя методы статистической обработки результатов. Можно измерять и сравнивать с пороговым не напряжение аккумулятора в процессе разрядки, а его ЭДС, отключая на это время разрядный ток. Можно сделать два режима работы устройства: первый — с мощными батареями напряжением 6...15 В и током разрядки до 5 А, второй — с маломощными батареями и аккумуляторами напряжением до 5 В и разрядным током до 1 А. И наконец, добавив узел зарядки, можно сделать автоматическое зарядно-разрядное устройство с измерением полученного и отданного аккумулятором заряда.

Кроме того, можно предложить ещё немало улучшений параметров устройства без изменения его схемы, а только за счёт коррекции скетча. Но все эти возможности по доработке оставим для поклонников Arduino...

__От редакции__. Скетч, а также чертежи печатной платы в формате Srint-Layout 6 имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/IzmBat.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

САЛИМОВ Н. Преобразователь на микроконтроллере для питания измерительных приборов. — "Радио", 2017, № 1, с. 17—19

После публикации указанной в заголовке статьи я усовершенствовал описанный в ней преобразователь. Теперь заданное значение выходного напряжения поддерживается неизменным при разрядке элементов питания и колебаниях тока нагрузки в интервале 4...20 мА. Все функции старого устройства сохранены, новую программу микроконтроллера можно использовать и без изменений в его схеме.

Однако для улучшения параметров лучше внести некоторые изменения и в аппаратную часть. Схема, показанная на **рис. 1**, отличается от ранее опубликованной тем, что для уменьшения пульсаций выходного напряжения преобразователя ёмкость конденсатора C4 увеличена до 47 мкФ. Номинальное сопротивление подстроечного резистора R4 уменьшено с 220 кОм до 33 кОм, а последовательно с ним включён постоянный резистор 200 кОм. Регулировать выходное напряжение стало значительно удобнее.

Изменена и печатная плата преобразователя (**рис. 2**). Для дросселя с проволочными выводами RLB0712 (L1) в ней вырезано окно размерами 10×6,7 мм. Дроссель устанавливают в этом окне параллельно плоскости платы, что уменьшает высоту монтажа.

Рис. 1

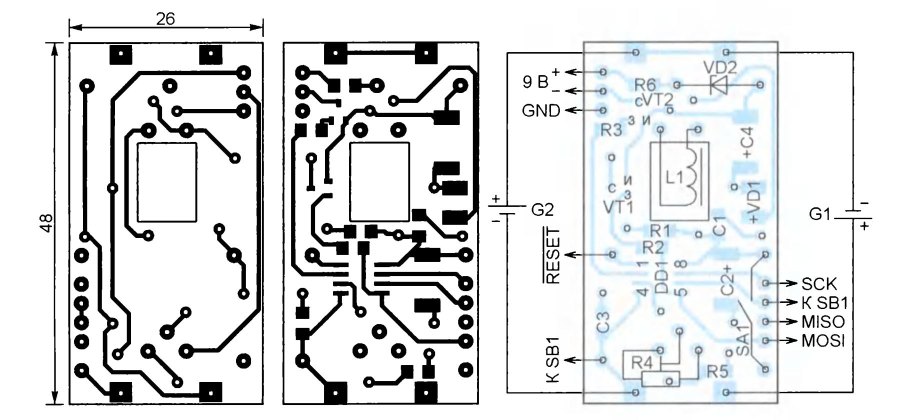


Рис. 2

Остальные детали такие же, как в прежнем варианте.

Таймер T0 микроконтроллера DD1 генерирует импульсы с программируемой частотой следования и коэффициентом заполнения. В контур стабилизации выходного напряжения входят входной мультиплексор АЦП и аналоговый компаратор микроконтроллера. Сигнал обратной связи поступает с движка подстроечного резистора R4. Программа постоянно проверяет состояние разряда ACO регистра ACSR микроконтроллера. Если ACO=1, выходное напряжение меньше заданного и содержимое регистра сравнения таймера OCR0A, задающего коэффициент заполнения генерируемых импульсов, увеличивается. При ACO=0 выходное напряжение больше номинального и содержимое регистра OCR0A уменьшается.

Согласно алгоритму работы таймера, в режиме "Быстрая ШИМ" изменение содержимого регистра OCR0A возможно только с частотой генерируемых импульсов.

Программа также проверяет задаваемый коэффициент заполнения на наибольшее и наименьшее допустимые значения. При выходе за эти пределы коэффициент заполнения устанавливается минимальным.

Конфигурация микроконтроллера должна быть запрограммирована согласно **таблице**.

Практическая проверка усовершенствованного преобразователя показала, что при питании мультиметра DT930F+, потребляющего ток 4 мА, его выходное напряжение (со "свежими" элементами питания) — 9,1 В. При разряженных до 2,2 В элементах оно уменьшилось на 0,1 В. Работоспособность мультиметра сохраняется при разрядке элементов до 2 В, когда выходное напряжение преобразователя падает до 7,7 В.

Разряд	Сост.	Разряд	Сост.
SELFPREGEN	1	VDTON	1
DWEN	1	CKDIV8	1
BODLEVEL1	1	SUT1	1
BODLEVEL0	1	SUT0	0
RSTDISBL	1	CKSEL1	1
SPIEN	0	CKSEL0	0
EESAVE	1		

1 – не запрограммировано,
0 – запрограммировано.

Измеритель ёмкости и индуктивности MY6243 потребляет ток от 7 до 18 мА, при этом выходное напряжение преобразователя изменяется на 0,15 В. Минимальное напряжение элементов питания, при котором сохраняется работоспособность измерителя ёмкости и индуктивности, не проверялось.

Если ток нагрузки находится в пределах 4...20 мА, налаживание преобразователя сводится к установке выходного напряжения подстроечным резистором R4. Оно может быть установлено и отличающимся от 9 В. Предел ставит номинальное напряжение конденсатора C4. Стабилитрон VD2 должен быть с напряжением стабилизации на 1...2 В больше требуемого выходного напряжения.

***От редакции**. Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/conv1.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Блок реле времени для пяти тепловых пушек

С. ШИШКИН, г. Саров Нижегородской обл.

Предложена система из пяти микроконтроллерных реле времени, управляемых с общего пульта. Каждое из них обслуживает одну тепловую пушку (тепловентилятор), обеспечивая его работу в течение заданного времени и выключение вентилятора пушки с необходимой задержкой после выключения нагревателя.

Тепловая пушка содержит электронагреватель воздуха, продуваемого сквозь неё с помощью вентилятора. При выключении пушек большой мощности необходимо во избежание перегрева корпуса и находящихся на нём деталей первым отключать электронагреватель и лишь после его достаточного остывания — вентилятор. Требуемая задержка зависит от технических характеристик тепловой пушки.

Предлагаемый блок содержит пять одинаковых по схеме, конструкции и алгоритму работы плат реле времени, работающих независимо, и общего для них пульта управления. Принципиальная схема платы реле времени представлена на **рис. 1**, а пульта управления — на **рис. 2**.

Разъёмы XP1 всех реле времени присоединяют к разъёмам XS1—XS5 пульта управления, в котором установлены галетный переключатель SA1 на пять положений и кнопки SB1—SB4. Кнопками SB1—SB3 управляют только тем реле времени, которое выбрано переключателем. Нажатие на кнопку SB4 действует на все реле времени одновременно. Каждое реле времени содержит трёхразрядный цифровой светодиодный индикатор HG1—HG3. Индикатор HG1 отображает сотни секунд, индикатор HG2 — десятки секунд, индикатор HG3 — единицы секунд.

Командами, подаваемыми нажатиями на кнопки пульта, может быть установлена индивидуально для каждого реле времени задержка выключения вентилятора на 1—999 с, значение которой отображается на его индикаторе. Временна́я диаграмма работы нагревателя и вентилятора показана на **рис. 3**, где Δt — задержка выключения вентилятора.

После выключения нагревателя число на индикаторе начинает инкрементироваться каждую секунду. Вентилятор выключается по достижении им нуля. После этого на индикатор вновь выводится заданная продолжительность задержки. Это означает, что реле времени готово к следующему циклу работы, до начала которого задержку можно при необходимости откорректировать.

Исполнительным устройством, коммутирующим цепь питания нагревателя, служит твердотельное реле U1. Им управляет сигнал с выхода PD4 микроконтроллера DD1. Цепь питания вентилятора коммутирует твердотельное реле U2, управляемое сигналом с выхода PD5 микроконтроллера DD1. Нагреватель подключают к контактам 1 и 2, а вентилятор — к контактам 3 и 4 разъёма XS1 реле времени.

Назначение кнопок пульта управления следующее:

SB1 "▲" — с каждым нажатием увеличивает продолжительность задержки выключения на 1 с. При удержании кнопки, нажатой более 3 с, задержка растёт на 5 с за каждую секунду;

SB2 "▼" — с каждым нажатием уменьшает продолжительность задержки на 1 с. При удержании кнопки, нажатой более 3 с, задержка уменьшается на 5 с за каждую секунду;

SB3 "С" — включает или выключает тепловую пушку;

SB4 "Общ. пуск/стоп" — включает или выключает все тепловые пушки одновременно. Эта кнопка функционально аналогична кнопке SB3, но действует на все тепловые пушки независимо от положения переключателя. Она может быть вынесена из пульта управления и установлена в любом удобном месте.

После подачи питания цепью R1C4 формируется на входе RESET микро-

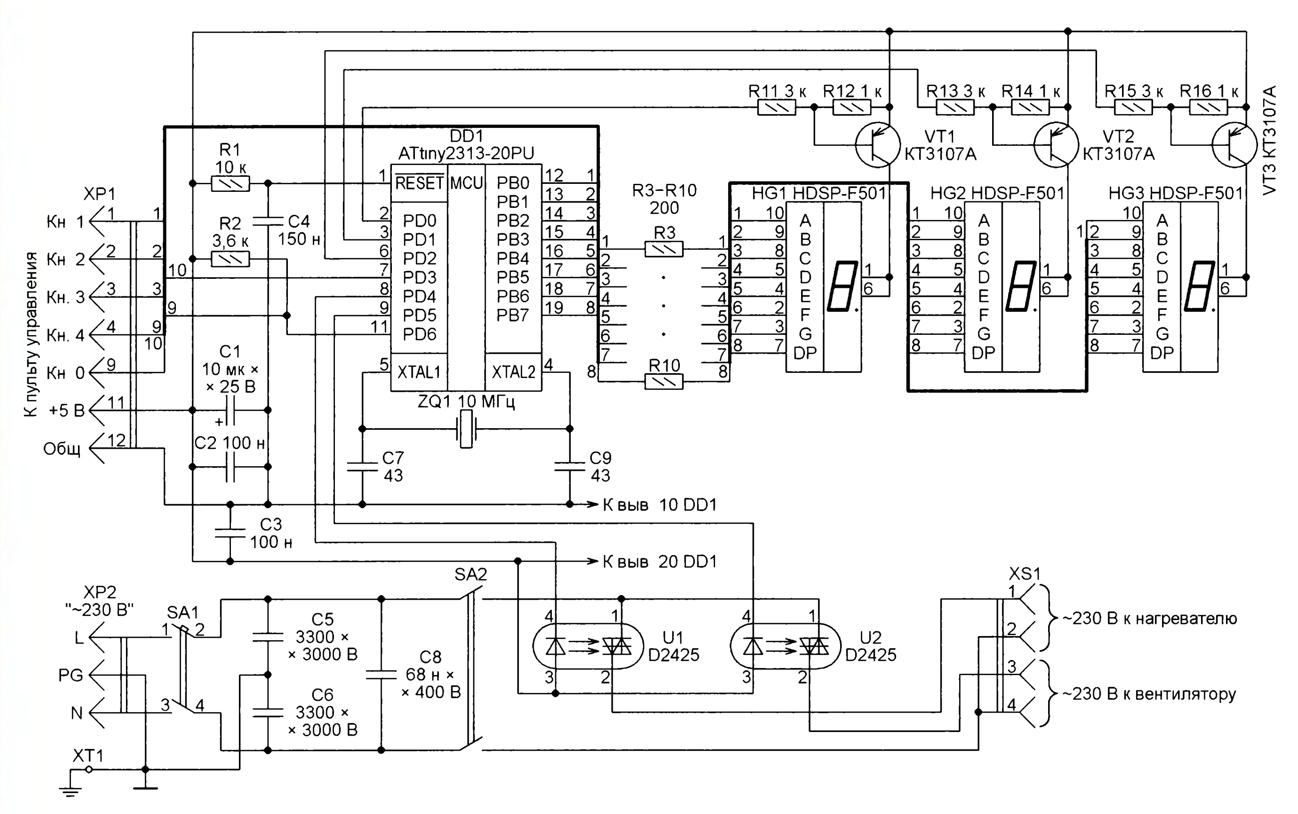


Рис. 1

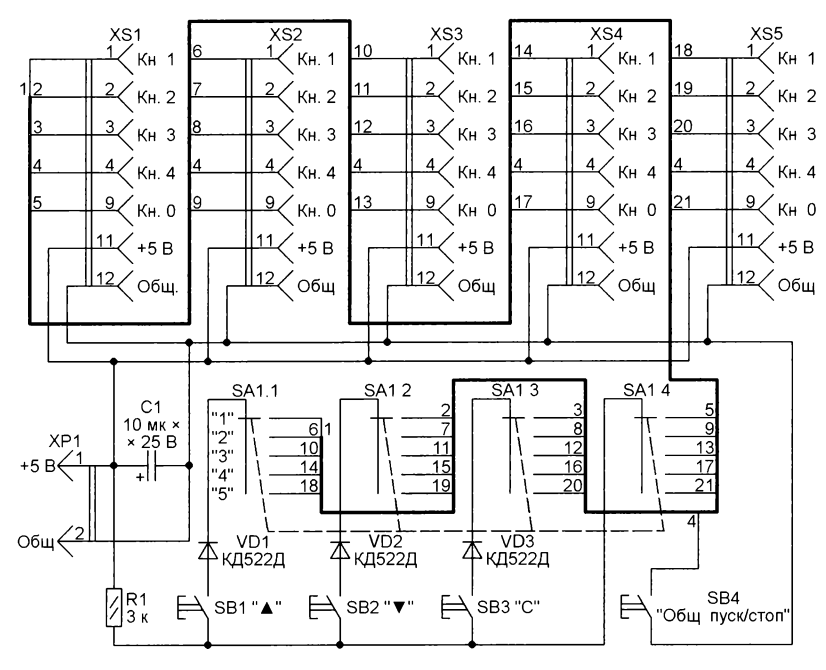


Рис. 2

контроллера DD1 сигнал, устанавливающий его в исходное состояние. Программа микроконтроллера, начиная свою работу, инициализирует регистры, счётчики, стек, таймер T/C1, сторожевой таймер, порты ввода/вывода микроконтроллера. На индикатор она выводит число 001.

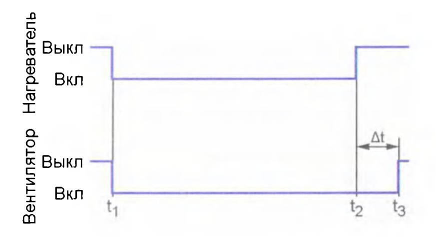


Рис. 3

По завершении инициализации программа устанавливает на выходах PD4 и PD5 микроконтроллера высокие логические уровни, что соответствует выключенным нагревателю и вентилятору. Далее нажатиями на кнопки SB1 и SB2 необходимо задать (установить на индикаторе) задержку выключения вентилятора Δt. При включении тепловой пушки кнопкой SB3 в момент времени t_1 низкие уровни будут установлены на выходах PD4 и PD5 одновременно, что включит и нагреватель, и вентилятор. При выключении тепловой пушки нажатием на кнопку SB3 в момент времени t_2 будет установлен высокий уровень на выходе PD4 и выключен только нагреватель. Установка высокого уровня на выходе PD5 и выключение вентилятора будут задержаны на Δt секунд до момента t_3.

Через порт B программа опрашивает состояние кнопок SB1—SB3 пульта управления и управляет уровнями на катодах индикаторов HG1—HG3. Сигналы выбора разрядов индикатора она формирует на выходах PD0—PD2. Они поступают на общие аноды индикаторов через электронные ключи на транзисторах VT1—VT3. Резисторы R3—R10 ограничивают ток элементов индикаторов.

Тактовая частота микроконтроллера 10 МГц задана внешним кварцевым резонатором ZQ1. В процессе инициализации программа конфигурирует все линии порта B как выходы. Линии PD3, PD6 она конфигурирует как входы, остальные линии порта D — как выходы.

Приступая к работе с реле времени, необходимо кнопками SB1 и SB2 установить требуемое значение задержки Δt. Для включения тепловой пушки следует нажать на кнопку SB3 или SB4. Установленное значение задержки при этом будет занесено в память данных микроконтроллера. Если необходимо изменить его, нажмите на кнопку SB3, затем кнопками SB1 и SB2 установите новое значение и ещё раз нажмите на кнопку SB3.

Программа микроконтроллера состоит из трёх основных частей: процедуры инициализации, основного бесконечного цикла и процедуры обработки запросов прерывания от таймера T/C1 (соответственно метки INIT, SE1, TIM0). В основном цикле происходят изменения заданного значения задержки и перенос его из буфера хранения в буфер отображения для динамической индикации, который организован в области $060—$062 памяти данных микроконтроллера. В её области $064—$066 организован буфер хранения заданной задержки.

По прерываниям идут отсчёт интервалов времени длительностью 1 с, опрос клавиатуры, включение световых и звуковых сигналов и перекодировка двоичных чисел в коды для отображения цифр на семиэлементных индикаторах. При нажатии на кнопку SB3 происходит пересылка заданного интервала времени Δt в буфер хранения. Когда Δt на индикаторе станет равным нулю, произойдёт пересылка его заданного значения из буфера хранения в буфер отображения. За счёт этого прежнее значение интервала задержки будет восстановлено и вновь выведено на индикатор.

Задача формирования интервалов времени длительностью 1 с решена с помощью прерываний от таймера T/C1 и счётчика на регистре R25. Счётчик на регистре R21 формирует интервал в одну минуту. Таймер T/C1 генерирует запросы прерываний приблизительно каждые 3900 мкс. Счётчики на указанных выше регистрах подсчитывают прерывания и через каждую минуту устанавливают флаг PUSK и декрементируют текущее значение задержки.

Счётчики, обеспечивающие ускоренную (на 5 с за секунду) установку продолжительности задержки при длительных (свыше 3 с) нажатиях на кнопку SB1 или SB2, организованы на регистрах R0, R1, R3. За счёт такого ускорения максимальную задержку 999 с можно задать приблизительно за 200 с.

Кнопки SB3 и SB4 имеют одинаковое функциональное назначение в устройстве, но программная организация работы этих кнопок разная.

Программа написана на языке ассемблера AVRASM и занимает в памяти программ микроконтроллера около 700 байт. Конфигурация микроконтроллера должна быть запрограммирована, как показано в **таблице**. Она совпадает с его заводской конфигурацией.

Разряд	Сост.	Разряд	Сост.
SELFPRGEN	1	CKDIV8	0
DWEN	1	CKOUT	1
EESAVE	1	SUT1	1
SPIEN	0	SUT0	0
WDTON	1	CKSEL3	0
BODLEVEL2	1	CKSEL2	0
BODLEVEL1	1	CKSEL1	1
BODLEVEL0	1	CKSEL0	0
RSTDISBL	1		

0 — запрограммировано;
1 — не запрограммировано.

Потребление тока от источника постоянного напряжения 5 В не превышает 100 мА. В устройстве применены конденсаторы C1 — K50-35, C5, C6 — K15-5, C8 — K73-11, остальные — K10-17а. Все резисторы — C2-33H-0,125. Индикаторы HG1—HG3 — HDSP-F501 зелёного цвета свечения. Для твердотельных реле D2425 допустим коммутируемый ток до 25 А. Он и определяет максимальную мощность электронагревателя и вентилятора, подключаемых к устройству.

*От редакции. Программа микроконтроллера находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/tp.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Четырёхцветный светофор с дистанционным управлением по радиоканалу 2,4 ГГц

И. КАРПУНИН, г. Нижний Тагил Свердловской обл.

Автор, спортивный судья всероссийской категории, предлагает четырёхцветный сигнальный светофор для подачи световых сигналов во время проведения спортивных соревнований, в частности, по авиамодельному спорту. Отличительная особенность устройства — управление по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц.

При проведении некоторых спортивных соревнований требуется подача световых сигналов, фиксирующих прохождение спортсмена или спортивного снаряда определённой точки на дистанции. Примером может служить гонка радиоуправляемых моделей самолётов класса F3D, которая проводится по замкнутому треугольному маршруту со сторонами 180, 180 и 40 м, обозначенному тремя пилонами-вешками высотой 4...5 м. Скорость полёта гоночной модели, летящей на высоте 4...5 м, порой превышает 350 км/ч, а четырёхкилометровая база гонки, состоящая из десяти кругов длиной по 400 м, проходится за время, примерно равное 60 с. Каждая модель, участвующая в гонке, должна десять раз пересечь условную линию, на которой установлен дальний пилон, отстоящий от линии старта на 150 м, развернуться, завершить круг дистанции и уйти на следующий. Разумеется, каждая ошибка прохождения дальнего пилона (недолёт до пилона) наказывается штрафными секундами. Контроль за четырьмя моделями, одновременно участвующими в гонке, осуществляется судейской бригадой из четырёх человек, каждый из которых наблюдает за конкретной моделью, и в момент прохождения "своей" модели траверса дальнего пилона подаёт экипажу контролируемой модели световой сигнал, по которому пилот выполняет разворот модели. Очевидно, что своевременность и чёткость подачи команд прохождения дальнего пилона во многом определяет результаты гонки.



Рис. 1

Ещё несколько лет назад по правилам соревнований все четыре судьи, контролирующие прохождение моделей траверса дальнего пилона, во время проведения таких гонок должны были находиться непосредственно под пилоном и подавать сигналы взмахами разноцветных флажков. После того как произошло несколько несчастных случаев, в результате которых модели самолётов массой более двух килограмм, летящие со скоростью свыше 300 км/ч, попадали в весьма условную защиту, ограждающую судей на дальнем пилоне, международная федерация FAI приняла решение, что судьи должны находиться за линией безопасности — не менее чем в ста метрах от осевой линии трассы гонки, а сигналы флажками были заменены световыми. Это, в свою очередь, потребовало разработки и изготовления специализированного оборудования — многоцветных светофоров.

Первые светофоры управлялись по проводам, что приводило к неоправданным потерям электроэнергии аккумуляторов (к сожалению, на лётном поле обычно отсутствует сеть напряжением ~230 В), и не отличались надёжностью, поскольку при использовании мощных низковольтных ламп приходилось коммутировать ток до 20 А в цепи каждой лампы. Кроме того, время, на которое включались фонари светофора, не нормировалось, что часто вызывало претензии соревнующихся гоночных экипажей. Именно поэтому в авиамодельной лаборатории екатеринбургского авиационно-спортивного клуба ДОСААФ России был разработан четырёхцветный светофор на светодиодных матрицах, управляемый по радиоканалу.

Техническое задание на разработку оказалось весьма жёстким, прежде всего, по параметрам первичных источников питания (аккумуляторов). Применяемые ранее автомобильные аккумуляторные батареи были отклонены из-за значительных массогабаритных параметров. Было принято решение об использовании в качестве источника питания батареи из трёх последовательно соединённых литий-полимерных аккумуляторов напряжением 11,4 В и ёмкостью 2,5...3,5 А·ч, которые широко используются авиамоделистами. Кроме того, требовалось обеспечить хорошую видимость и уверенную цветовую опознаваемость каждого фонаря светофора с расстояния не менее 180 м в условиях засветки прямыми солнечными лучами. Это определило замену ламп накаливания, световой поток которых сильно уменьшался светофильтрами, на цветные светодиодные матрицы большой площади. Дополнительным требованием была замена проводного релейного управления светофором на дистанционное по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц, для эксплуатации которого не требуется получение разрешения контролирующих организаций.

Конструктивно устройство состоит из двух блоков: собственно, блок четырёхцветного светофора (БС) и блок дистанционного управления (БДУ) с выносными кнопочными пультами управления. Фотография комплекса показана на **рис. 1**.

Основные технические характеристики

Число каналов управления	4
Частота канала радиоуправления, ГГц	2,4
Выходная мощность передатчика, мВт, не более	100
Дальность бесперебойной связи "по земле" в условиях одновременной работы в выбранном частотном диапазоне до 15 комплектов радиоуправления, м, не менее	300
Размеры корпуса БДУ, мм	240×120×60
Напряжение питания БДУ, В	5,5...9,6
Ёмкость аккумуляторной батареи БДУ, мА·ч	1200...1800
Ток потребления БДУ (зависит от передающего модуля), мА, не более	100
Время непрерывной работы БДУ без подзарядки батареи, ч, не менее	10

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Размеры корпуса БС, мм . . . . .1000×250×230
Расположение фонарей в БС .горизонтальное
Число светодиодных матриц в БС (синяя, красная, зелёная, жёлтая) 4
Размеры печатной платы светодиодной матрицы, мм . . . . .200×200
Размеры светового поля светодиодной матрицы, мм . . . . .170×170
Число светодиодов в матрице 172
Напряжение питания БС, В . . .9,6...14,6
Ёмкость аккумуляторной батареи БС, мА·ч . . . . .2500...3500
Напряжение питания светодиодных матриц, В . . . . .18...19
Ток потребления одной матрицы во включённом состоянии, А . . . . .0,8...1
Расчётное время непрерывной работы БС в условиях реальных соревнований без подзарядки аккумулятора, ч, не менее 12

В БДУ и БС можно применить любой четырёхканальный комплект аппаратуры радиоуправления (передающий и приёмный модули), предназначенный для работы в диапазоне 2,4 ГГц и совместимый со стандартом аппаратуры Futaba или JR.

Блок дистанционного управления

Блок дистанционного управления собран в герметичном пластиковом корпусе Gainta G3118, который устанавливают на треноге на высоте 1500...1800 мм над поверхностью земли. Конструкция имеет класс защиты, близкий к IP67, и допускает работу в условиях интенсивного дождя, в интервале температуры окружающей среды от 0 до +45 °C. При замене литий-полимерных аккумуляторов на литий-феррум-полимерные нижняя граница рабочей температуры снижается до −20 °C, правда, с некоторым уменьшением времени работы от одного комплекта аккумуляторов.

Внутри корпуса БДУ расположены печатная плата устройства и литий-полимерная или литий-феррум-полимерная аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 6,4...7,4 В (**рис. 2**).

К БДУ с помощью разъёмов, расположенных на нижней стенке корпуса, и кабелей длиной 2,5 м подключают четыре выносных однокнопочных пульта. Никаких органов управления на корпусе БДУ нет. Питание на БДУ автоматически подаётся при подключении штекера любого их четырёх выносных пультов.

Схема БДУ показана на **рис. 3**. При подаче питания на БДУ на выходе PD3 модуля Arduino Pro Mini генерируется стандартный PPM-сигнал, состоящий из чередующихся пачек по восемь канальных импульсов, с периодом повторения импульсов около 1,2 мс. Пачки разделены синхронизирующими паузами длительностью приблизительно 10 мс. Нажатие на кнопку любого выносного пульта изменяет длительность одного из четырёх "рабочих" канальных импульсов с 1,2 до 1,8 мс. При этом входные цепи портов PD4—PD7 Arduino Pro Mini исключают возникновение электрического дребезга контактов пультовых кнопок, а также повторную отработку при случайном дублирующем нажатии на кнопку в течение примерно одной секунды. Однако микроконтроллер продолжает генерировать "длинные" канальные импульсы в течение трёх секунд с момента первого нажатия на кнопку, независимо от того, нажата или отпущена в это время кнопка канального пульта. Передающий модуль БДУ в течение этих трёх секунд передаёт в эфир информацию о том, что была команда на включение одного из фонарей светофора. После трёхсекундного интервала длительность канального импульса вновь уменьшается до 1,2 мс.

Следующая команда на включение светофора по этому каналу может быть

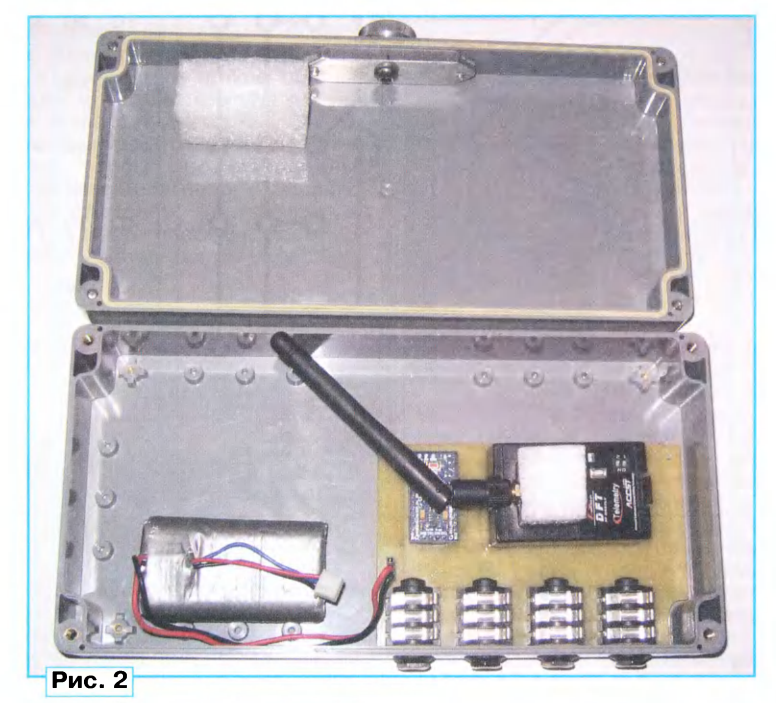


Рис. 2

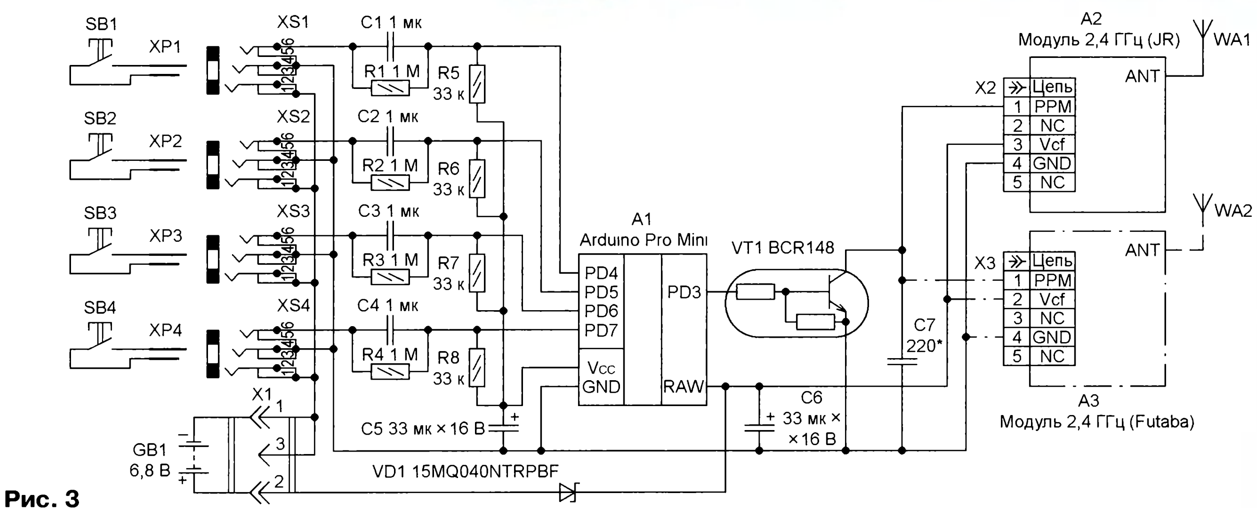


Рис. 3

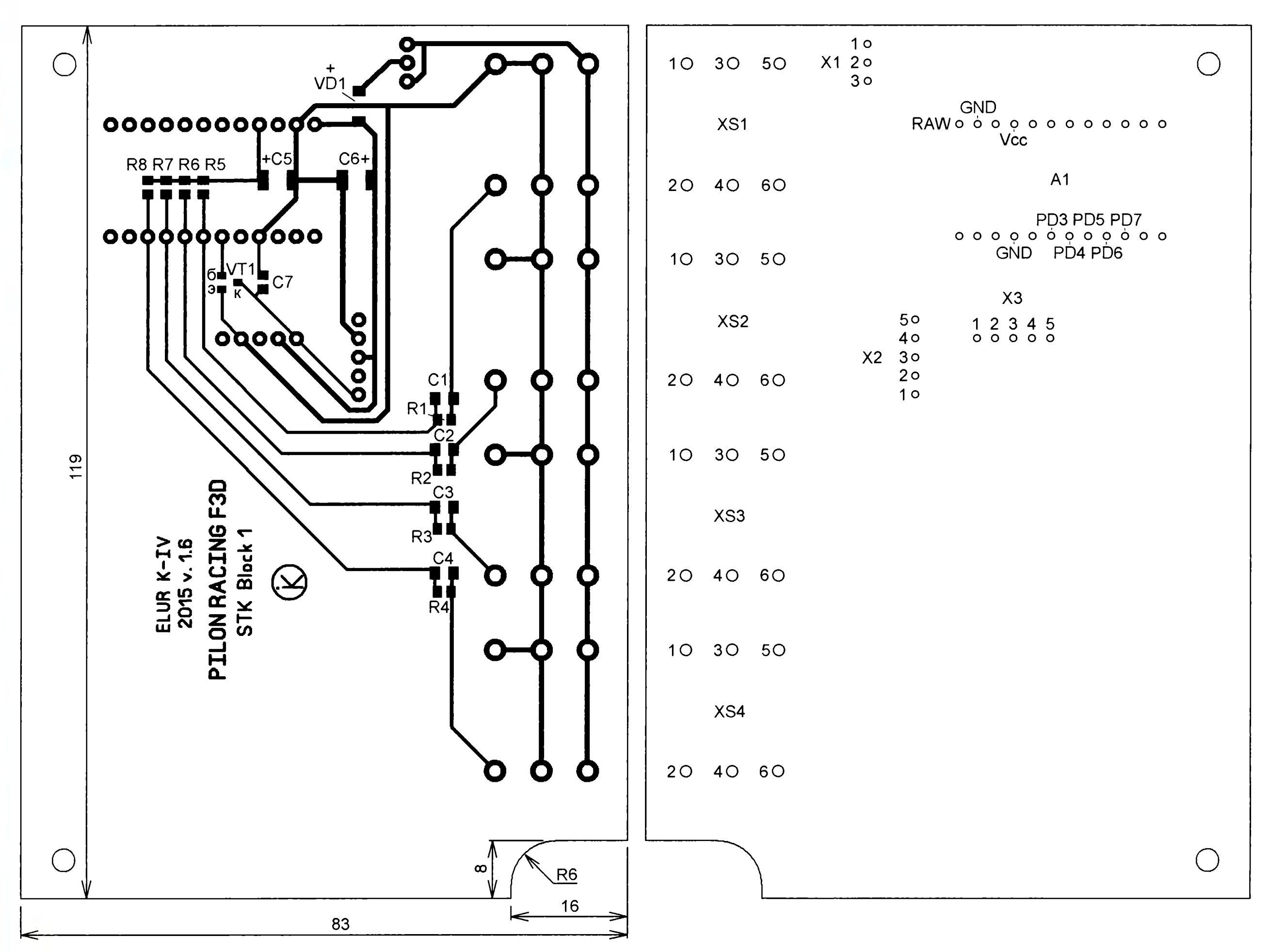


Рис. 4

передана только по завершению трёхсекундной команды на включение фонаря, после отпускания кнопки и повторного нажатия на неё. Аналогично и независимо друг от друга работают три других канала из восьми. Формирование трёхсекундной команды на включение фонаря светофора исключает ошибки, связанные с человеческим фактором, — соревнующиеся экипажи всегда видят световой сигнал строго определённое время независимо от того, как долго была нажата кнопка пульта БДУ.

Плата БДУ изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж печатной платы и расположение элементов показаны на **рис. 4**.

На стороне печатных проводников размещены несколько элементов для поверхностного монтажа. На противоположной стороне платы расположены розетки для подключения модуля Arduino Pro Mini, два места (на выбор) для установки разъёма подключения типового передающего модуля от стандартной авиамодельной аппаратуры радиоуправления, разъёмы для выносных кнопочных пультов и разъём для подключения аккумуляторной батареи.

Два разъёма для передающего модуля на плате предусмотрены для того, чтобы можно было установить любой имеющийся в наличии модуль, совместимый со стандартом аппаратуры Futaba или аппаратуры JR, которые отличаются размерами корпусов и местом расположения соединительного разъёма. Разумеется, на плате может быть установлен только один разъём для подключения передающего модуля выбранного стандарта. Для фиксации модуля от перемещения на плату желательно установить ограничительную рамку из пластика толщиной 8...10 мм, которую можно просто приклеить к поверхности платы. На крышку корпуса, в том месте, где установлен радиопередающий модуль, следует приклеить прокладку из плотного поролона или пористой резины, которая будет дополнительно прижимать модуль к плате. На рис. 2 рамка, фиксирующая корпус передающего модуля, отсутствует. Аккумуляторную батарею внутри корпуса прикрепляют с помощью двухсторонней липкой ленты и прижимают прокладкой. Такая простая конструкция позволяет использовать батарею из двух аккумуляторов любого типоразмера, как с цилиндрическими, так и с плоскими аккумуляторами.

Расположение антенного разъёма на некоторых моделях передающих модулей не позволяет закрыть корпус устройства при присоединённой антенне. В таком случае придётся применить переходный коаксиальный кабель с угловым разъёмом, а антенну установить в корпусе БДУ в дополнительных пластмассовых державках. Антенну в корпусе БДУ можно ориентировать как угодно, но её вертикальное расположение обеспечит максимальную дальность связи с блоком светофора. При желании на верхней или боковой стенке корпуса БДУ можно установить внешний разъём для подключения стандартной антенны диапазона 2,4 ГГц, соединив его с выходным разъёмом передающего модуля переходным кабелем.

БДУ светофора можно укомплектовать радиопередающим модулем от любой аппаратуры, предназначенной для работы в диапазоне 2,4 ГГц, производства компаний Futaba, Hitec, FrSky, JR, Graupner, Orange и др. Главное, чтобы в блоке светофора был установлен приёмник, способный "привязаться" к передающему модулю, установленному в БДУ (в среде моделистов применяется сленговый термин "забиндиться").

В БДУ установлен модуль Arduino Pro Mini с питанием 5 В и микроконтроллером, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором на 16 МГц. Транзистор BCR148 (VT1) — "цифровой" в корпусе SOT23, в базовой цепи у него имеется делитель из двух резисторов по 47 кОм. Он служит

РАДИО® · Приём статей: mail@radio.ru · Вопросы: consult@radio.ru · РАДИО № 7, 2017

для согласования уровня выходного сигнала модуля Arduino Pro Mini с входом передающего модуля. Все резисторы и неполярные конденсаторы, установленные на плате, — типоразмера 0805, полярные конденсаторы C5, C6 — танталовые типоразмера B. Диод Шотки 15MQ040NTRPBF (VD1) в корпусе SMA (DO-214AC) предохраняет устройство при подаче питания в неправильной полярности. Разъём питания, установленный на плате, — стандартная трёхконтактная вилка PLS-3 с шагом контактов 2,54 мм. К разъёму можно подключить аккумуляторную батарею от любой авиамодели.

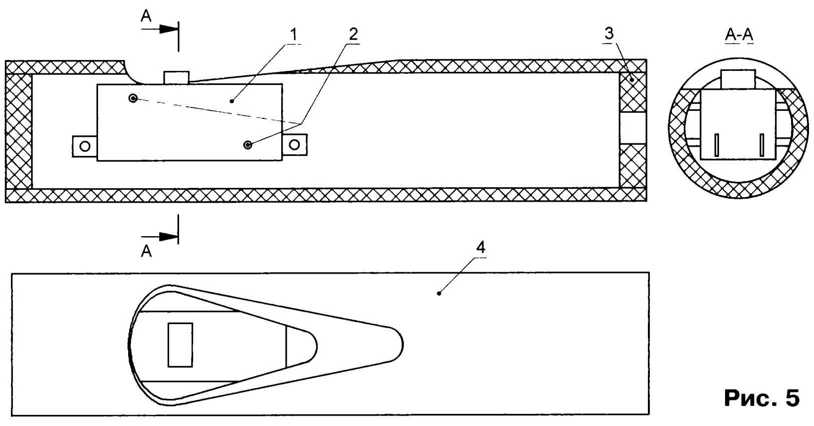


Рис. 5

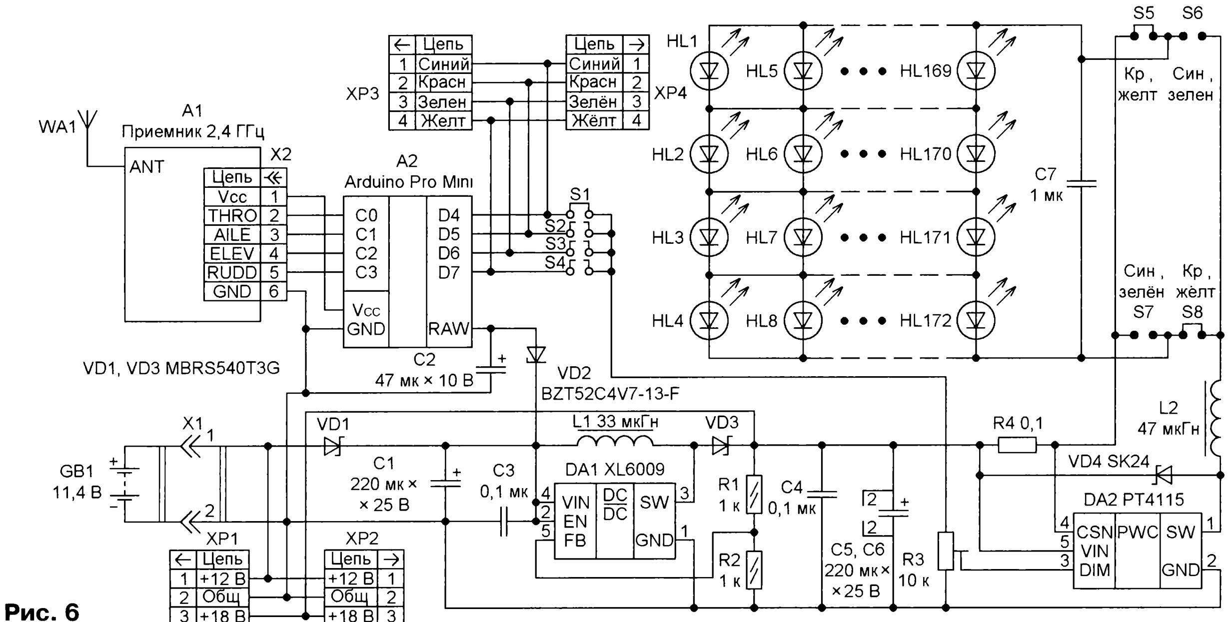


Рис. 6

Типовые разъёмы для подключения передающего модуля, которые используются в пультах аппаратуры дистанционного управления, имеют контактные штыри, выступающие над поверхностью платы более чем на 20 мм. Найти такой разъём в продаже весьма трудно, поэтому вилка X2 (или X3) для подключения передающего модуля может быть изготовлена из трёхрядной угловой вилки PLT-18R, из которой извлекают нужное число внешних (самых длинных) контактных штырей. После выпрямления их вставляют в колодку обычной вилки PLS-5 с шагом контактов 2,54 мм, из которой предварительно удаляют короткие "родные" контактные штыри. Разъём для установки модуля Arduino Pro Mini (на схеме не показан) составлен их двух стандартных розеток PBS-12.

Для подключения выносных кнопочных пультов использованы стереофонические гнёзда Neutrik NYS215, средние контакты которых служат "замыкателями" цепи питания устройства при подключении любой из четырёх вилок выносных пультов XP1—XP4. Вилки выносных пультов — простые монофонические аудиоштекеры (аудиоджеки) диаметром 6,3 мм. Для герметизации штекерной части такого разъёма на его корпус желательно обсадить отрезок термоусаживаемой трубки подходящего диаметра, но лучше использовать фирменные аудиоштекеры с цанговыми зажимами кабеля и резиновыми герметизирующими уплотнениями. Такие используются в профессиональной аудио- и музыкальной аппаратуре.

Выносной пульт (**рис. 5**) представляет собой пластиковый корпус (4), изготовленный из сантехнической неармированной полипропиленовой трубы с внешним диаметром 33 мм и длиной 170...180 мм, с установленным в нём микропереключателем WK3-1 (1), у которого используется нормально разомкнутая группа контактов. Микропереключатель закреплён в трубе двумя штифтами (2). В один торец цилиндрического корпуса пульта плотно вставлена заглушка из капролона или фторопласта, а через заглушку (3) второго торца корпуса выходит круглый двухжильный провод с сечением медных жил на менее 0,5 мм^2 или одножильный экранированный кабель в толстой резиновой или силиконовой изоляции, применяемый в аудиотехнике. При выборе соединительного кабеля предпочтение следует отдать максимально эластичному проводу с качественной силиконовой изоляцией с внешним диаметром не менее 7 мм. Такой провод прослужит дольше обычного электротехнического кабеля. Диаметр отверстия в заглушке торца корпуса должен быть несколько меньше диаметра соединительного кабеля для исключения попадания влаги внутрь пульта в дождливую погоду.

Фрезерованную выборку под палец для нажатия на кнопку герметизируют отрезком велосипедной камеры подходящего диаметра длиной примерно 100 мм, плотно натянутым на корпус пульта. Как показала многолетняя практика эксплуатации пультов такой конструкции, этот простой способ герметизации является самым надёжным и ремонтопригодным. На каждый пульт наклеивают цветной маркер — широкое кольцо липкой плёнки (синего, красного, зелёного и жёлтого цветов) или обсаживают отрезок термоусаживаемой трубки нужного цвета.

Блок светофора

Схема одной секции светофора показана на **рис. 6**. Печатные платы — одинаковые для всех четырёх секций БС, но только на одной плате из четырёх установлены все элементы, показанные на схеме.

(Окончание следует)

РАДИО®
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Упрощённый аквариумный таймер

Г. НЮХТИЛИН, г. Ковров Владимирской обл.

Предлагаемое устройство — упрощённый вариант описанного в [1]. Микроконтроллер PIC16F876A-I/SP заменён в нём более простым и дешёвым PIC16F628A-I/P. Число внешних устройств сокращено до минимума — датчика температуры воды, её подогревателя, воздушного компрессора и раздатчика корма. Функции, выполняемые таймером, и принципы управления им остались в основном прежними. Исключён кварцевый резонатор и не предусмотрен автоматический переход на резервное питание. Введены два режима работы: "Запущен" и "Пауза".

Принципиальная схема упрощённого таймера изображена на **рис. 1**. Напряжение +12 В от блока питания через разъём XS1 поступает на интегральный стабилизатор DA1. Стабилизированное напряжение +5 В питает микроконтроллер DD1 и другие узлы. Резисторы R4 и R5 поддерживают исходный высокий логический уровень на выводах RA4 и RA5 микроконтроллера, используемых для связи с датчиком температуры BK1 и кнопкой SB1. Подачу исходного высокого уровня на входы порта B, связанные с кнопками SB2—SB5, обеспечивают программно включённые внутренние резисторы порта B. Нажатия на кнопки устанавливают на соответствующих входах микроконтроллера низкие логические уровни.

Резистор R11 небольшого сопротивления устраняет искажения символов на экране ЖКИ HG1, которые могут наблюдаться у некоторых экземпляров индикатора в его отсутствие. Изменением сопротивления этого резистора можно подобрать желаемую яркость подсветки. Подстроечным резистором R10 устанавливают оптимальную контрастность символов на экране ЖКИ.

Датчик температуры BK1 программно настроен на измерение температуры в интервале от 0 до +99 °C с шагом 1 °C. Хотя он способен производить более точные замеры, но "загрублён" намеренно, чтобы уменьшить продолжительность каждого измерения и минимально притормаживать ход часов.

Этот датчик установлен внутри аквариума. Его информационный вывод 2 соединён с линией порта RA4 микроконтроллера. Так как и выход датчика, и выход порта RA4 выполнены по схеме с открытым стоком, резистор R5 — необходимая для них нагрузка.

Программа микроконтроллера отображает измеренную датчиком BK1 температуру воды на экране ЖКИ HG1, обновляя показания каждую секунду. Далее она сравнивает эту температуру с заданной, введённой в память микроконтроллера. Пока текущая температура меньше заданной, программа поддерживает напряжение высокого логического уровня на выходе RB6 микроконтроллера. В результате через резистор R1, светодиод HL1 и излучающий ИК-диод оптрона U1 течёт ток. Излучение ИК-диода позволяет фотосимистору оптрона U1 открываться в каждом полупериоде сетевого напряжения, а вместе с ним открывается и мощный симистор VS1, управляющий нагревателем воды в аквариуме.

Как только текущая температура достигает заданной, программа сменяет высокий логический уровень напряжения на выходе RB6 микроконтроллера низким. Ток через излучающий диод оптрона U1 прекращается, поэтому фотосимистор оптрона и мощный симистор больше не открываются. Теперь нагреватель выключен. Температура воды начинает уменьшаться, и как только она становится меньше заданной, высокий логический уровень

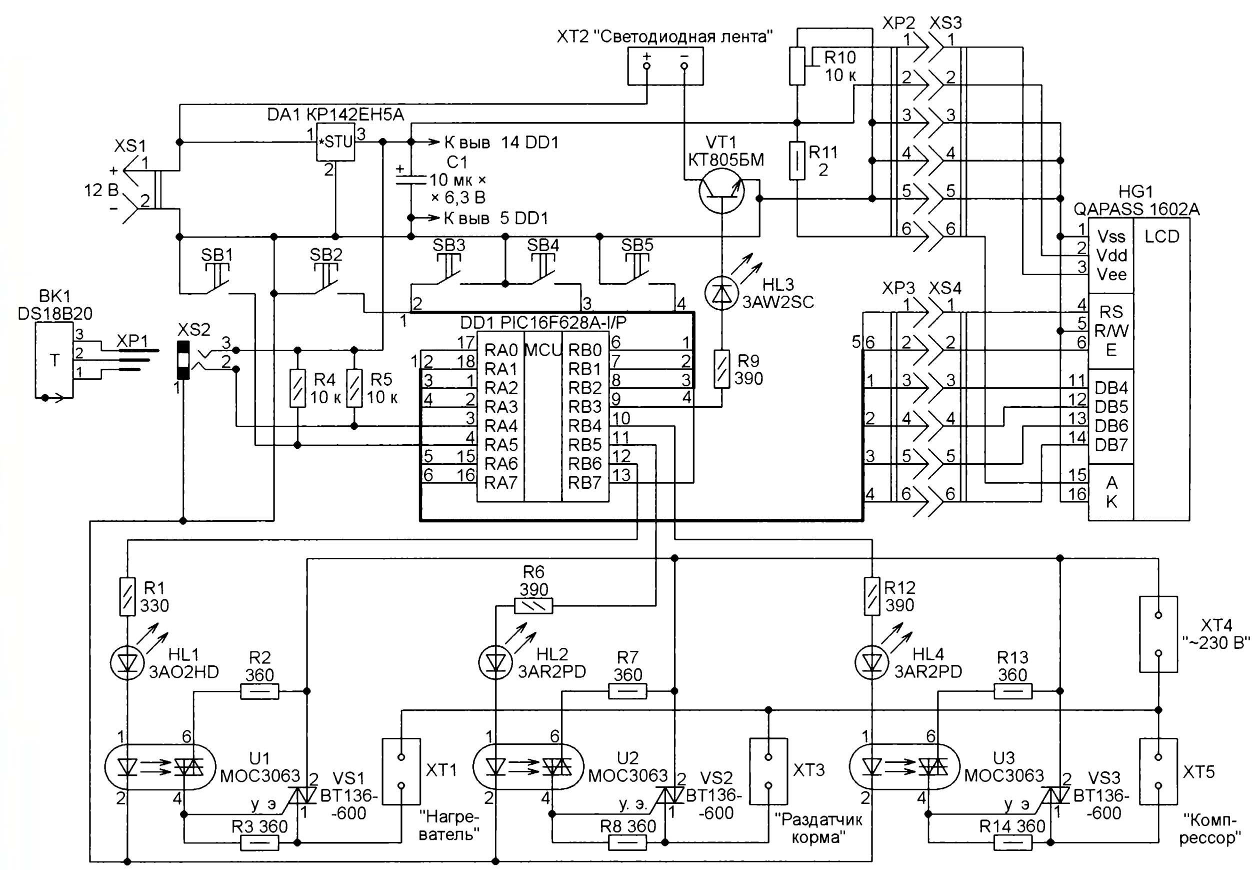


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

напряжения на выходе RB6 микроконтроллера вновь включает нагреватель. За счёт этого температура воды в аквариуме стабилизируется около заданного значения. Светодиод HL1 светится, когда подан сигнал включения нагревателя.

Имейте в виду, что резистор R5 обязателен, так как без него не запускается внутренний таймер TMR1 микроконтроллера, когда вывод RA4 сконфигурирован как вход. Его нужно оставить, даже если не предполагается управлять нагревателем, и из конструкции исключены датчик температуры BK1, разъём XS2, светодиод HL1, оптрон U1, резисторы R1—R3, симистор VS1 и контактная колодка XT1.

щей минуты программа плавно уменьшает скважность импульсов до нуля. С выхода RB3 импульсы через резистор R9 и светодиод HL3 поступают на базу транзистора VT1 и открывают его. В результате светодиодная лента, подключённая к контактной колодке XT2, плавно включается и выключается в заданные моменты времени. Так же плавно включается и выключается светодиод HL3.

При нормальной работе таймера светодиоды HL1, HL2, HL4 сигнализируют о включении соответствующего исполнительного устройства.

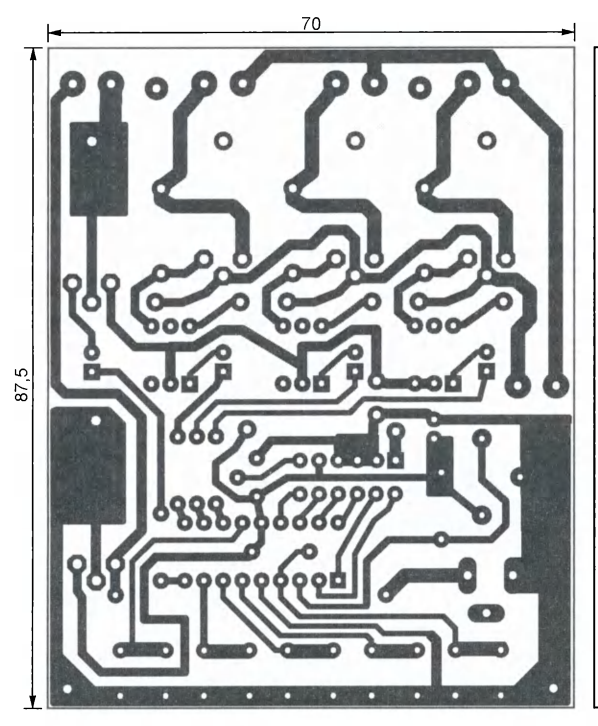
Все детали таймера размещены на печатной плате размерами 87,5×70 мм из фольгированного с одной стороны

стандартным стереофоническим аудиоштекером диаметром 3,5 мм (XP1) на конце.

Если использовать датчик DS18B20 в стандартном оформлении, для измерения температуры жидкости его следует тщательно герметизировать и нарастить выводы.

Интегральный стабилизатор КР142ЕН5А можно заменить на КР142ЕН5В или на импортный 7805 в корпусе TO-220.

Светодиоды указанных на схеме типов допускается заменять другими соответствующего цвета свечения. При использовании светодиодов с иным, чем у тех, что указаны на схеме, прямым падением напряжения следует изме-



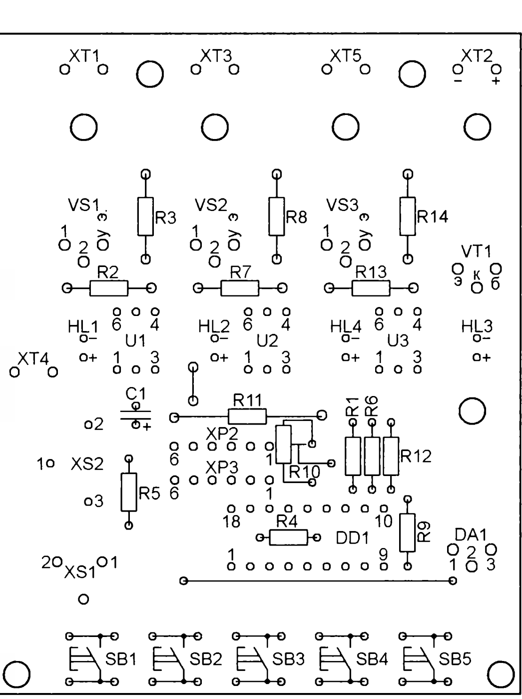


Рис. 2

На выходах RB5 и RB4 микроконтроллера программа формирует сигналы управления ещё двумя питающимися от сети ~230 В исполнительными устройствами: раздатчиком корма, подключённым к колодке XT3, и воздушным компрессором, подключённым к контактной колодке XT5. Узлы управления этими устройствами на оптронах U2 и U3 и симисторах VS2 и VS3 аналогичны описанному выше узлу управления нагревателем на оптроне U1 и симисторе VS1. Программа включает и выключает эти исполнительные устройства в заданные пользователем моменты времени.

При совпадении текущего времени с заданным временем включения подсветки аквариума на выходе RB3 микроконтроллера появляются прямоугольные импульсы, следующие с частотой 254 Гц. В течение первой минуты их коэффициент заполнения плавно возрастает от нуля до заданного пользователем значения и далее остаётся неизменным до совпадения текущего времени с заданным временем выключения освещения. В течение следую-

стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж изображён на **рис. 2**. Для микроконтроллера DD1 на плате должна быть установлена панель, куда микроконтроллер вставляют уже запрограммированным. Вместо указанного на схеме микроконтроллера PIC16F628A-I/P можно без каких-либо изменений в печатной плате и программе установить PIC16LF628A-I/P. Возможно применение аналогичных микроконтроллеров с индексами I/SO (в корпусе SO-18 для поверхностного монтажа), но это потребует переделки печатной платы.

ЖКИ QAPASS 1602A с синей подсветкой экрана и белыми символами может быть заменён любым буквенно-цифровым ЖКИ, имеющим две строки по 16 символов и встроенный контроллер, совместимый с HD44780.

Датчик температуры BK1 — DS18B20, помещённый изготовителем в герметичную трубку из нержавеющей стали с гибкими выводами из проводов разного цвета. Чёрный провод — вывод 1, синий — вывод 2, красный — вывод 3. При необходимости выводы можно нарастить жгутом из трёх проводов со

нить сопротивление включённых последовательно с ними резисторов, чтобы сохранить неизменным ток через сами светодиоды и через включённые последовательно с ними излучающие диоды оптронов, а также ток базы транзистора VT1. Как это сделать, будет рассказано ниже.

Использованная для освещения аквариума светодиодная лента длиной 1 м содержит 60 светодиодов белого свечения типоразмера 3528 для поверхностного монтажа и потребляет мощность около 5 Вт. Советы по выбору светодиодных лент можно найти в [2]. Источник света может быть и другим, с номинальным постоянным напряжением питания 12 В, например, автомобильным светодиодным светильником или даже лампой накаливания.

Транзистор КТ805БМ при мощности светодиодной ленты 5 Вт работает без теплоотвода, но при большей (до 30 Вт) мощности теплоотвод потребуется. Заменить этот транзистор можно другим биполярным структуры n-p-n средней или большой мощности, соответствующей мощности источника света.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Оптроны MOC3063 имеют встроенный узел, обеспечивающий их открывание точно в моменты перехода коммутируемого напряжения через нулевое значение, что значительно снижает интенсивность создаваемых при коммутации помех. Ток I_{FT} (прямой ток через излучающий диод, гарантирующий открывание фотосимистора) этих оптронов находится в интервале 3...5 мА, их прямые замены — MOC3043 и MOC3083. Схожие оптроны MOC3041, MOC3061 и MOC3081 имеют I_{FT} 15 мА, а MOC3042, MOC3062 и MOC3082 — 10 мА. Поэтому при замене MOC3063 упомянутыми оптронами придётся изменить номиналы включённых последовательно с их излучающими диодами резисторов, чтобы обеспечить ток управления не меньше, чем I_{FT} соответствующего оптрона.

Проще всего подобрать нужный резистор (R1, R6, R12, а также R9) экспериментально. Для этого его нужно временно заменить подстроечным резистором номиналом 1 кОм, движок которого первоначально установить в положение максимального сопротивления, и соединённым с ним последовательно миллиамперметром. Вместо исполнительного устройства следует подключить лампу накаливания небольшой мощности. Установив высокий уровень напряжения на соответствующем выходе микроконтроллера, добейтесь с помощью подстроечного резистора показаний миллиамперметра, на 10...20 % превышающих ток I_{FT}, указанный в справочных данных применённого оптрона [3]. При этом лампа, подключённая вместо исполнительного устройства, должна светить в полный накал. Замерив введённое сопротивление подстроечного резистора, замените его постоянным ближайшего номинала.

Симисторы BT136-600 позволяют коммутировать без теплоотвода нагрузку мощностью до 150 Вт, хотя нагреватель воды такой мощности вряд ли потребуется. Мощность выпускаемых аквариумных компрессоров также значительно меньше этого значения. Например, четырёхканальный компрессор "Super silent" с регулятором потока имеет мощность всего 22,8 Вт. Установив симисторы на теплоотводы, можно увеличить коммутируемую мощность до 800 Вт.

Симисторы VS1—VS3, транзистор VT1 и стабилизатор DA1 для уменьшения высоты монтажа устанавливают на плату параллельно её поверхности. Для лучшего охлаждения рекомендуется между их нижними поверхностями и платой оставить небольшие зазоры. Имеющиеся под ними на плате отверстия предназначены для крепления при необходимости небольших теплоотводов.

Кнопки SB1—SB5 — тактовые серии KAN0611 для монтажа на плату. В случае использования кнопок, монтируемых на корпусе устройства, нужно подобрать их с чёткой фиксацией положения.

Гнездо XS1 — DS-044 под штекер питания, XS2 — гнездо под стереофонический аудиоштекер диаметром 3,5 мм. Штыревые разъёмы XP2 и XP3 — PLS-6 с шагом контактов 2,54 мм. Контактные колодки с винтовыми зажимами XT1—XT5 — DG301-5,0-02 или другие серий 301, 306, 308 с шагом контактов 5,08 мм.

Постоянные резисторы — МЛТ или им подобные указанной на схеме мощности, подстроечный резистор R10 — миниатюрный 3323P или 3362P. Оксидный конденсатор C1 — К53-19.

К гнезду XS1 подключают готовый импульсный блок питания с выходным штекером DJK. Этот блок должен выдавать стабилизированное постоянное напряжение 12 В при токе нагрузки не менее 0,8 А. Блок уложен в предназначенный для таймера корпус, на штырях его сетевой вилки с помощью термоусаживаемой трубки закреплены провода с вилкой, включаемой в сетевую розетку ~230 В, и провода, идущие к колодке XT4. Можно, конечно, сетевой адаптер и не прятать в корпус таймера, а вставлять его вилку непосредственно в сетевую розетку, но тогда потребуются ещё одна сетевая розетка и сетевой шнур, идущий от неё к колодке XT4.

Допускается использовать для таймера блок питания для светодиодных лент, но большинство таких блоков придётся дорабатывать. Их основные недостатки — плохое или вовсе отсутствующее сглаживание выпрямленного напряжения высоковольтного и низковольтного выпрямителей, которые часто бывают однополупериодными.

07:21:30 26°C
Tmax=22°C ▶

Рис. 3

Программа микроконтроллера создана и отлажена в среде разработки Proton IDE v. 2.0.0.5. Поскольку экран применённого ЖКИ позволяет воспроизвести всего две строки по 16 символов в каждом, для вывода всей необходимой информации применены сокращения слов и спецсимволы. Программа сама генерирует некоторые русские буквы, так что ЖКИ с поддержкой кириллицы и без неё в описываемом устройстве будут работать одинаково. Для управления таймером использованы выводимые при необходимости на экран ЖКИ вложенные меню.

Ввиду нехватки выводов микроконтроллера команды управления таймером подают, нажимая на кнопки SB1—SB5 в различных сочетаниях. Поскольку во время манипуляций кнопками ход внутренних часов устройства замедляется, после установки нужных значений всех параметров следует установить правильное текущее время.

После подачи на устройство напряжения питания на экране ЖКИ HG1 появляется главное меню (**рис. 3**). В его верхней строке выведены текущее время и обновляемая каждую секунду текущая температура воды, измеренная датчиком BK1. В нижней строке выведены заданная температура включения/выключения нагревателя (T_{max}) и символ режима работы. При первом включении таймера отсчёт времени начинается со значения 00:00:00, а температура выключения нагревателя установлена равной 25 °С. Режим работы — "Запущен".

Установка текущего времени

Длительное нажатие и отпускание кнопки SB1 устанавливает курсор на экране ЖКИ под разрядом десятков часов. Далее короткими нажатиями на эту же кнопку можно задать нужное число часов (от 00 до 23 по кольцу). После этого следует нажать и удерживать кнопку SB1, пока курсор не примет форму мигающего прямоугольника, после чего отпустить её. Курсор вновь станет символом подчёркивания и будет установлен под разрядом десятков минут. Повторяя описанную выше процедуру, устанавливают число минут, а затем число секунд.

После установки секунд длинное нажатие на кнопку SB1 возвратит на экран ЖКИ главное меню с новым значением текущего времени. Этот процесс, как и процессы ввода значений других параметров, нужно всегда доводить до конца и завершать длинным нажатием на кнопку, иначе устройство будет оставаться в промежуточном состоянии до выключения питания.

Программа записывает в EEPROM микроконтроллера только начальное значение текущего времени, которое было введено с помощью кнопки SB1. Показания часов на момент выключения питания не сохраняются. Это связано с тем, что операции с EEPROM занимают довольно много времени и происходит отставание часов, которое не удаётся исправить никакой коррекцией.

Установка температуры включения/выключения нагревателя

Эту температуру устанавливают нажатиями на кнопки SB4 и SB5, причём при длительных нажатиях на них действует режим автоповтора. Все изменения температуры включения/выключения отображаются на экране ЖКИ.

Нажатиями на кнопку SB4 увеличивают температуру в интервале от 0 °С до 99 °С шагами по 1 °С. По достижении максимума цикл установки продолжается с нуля. С помощью кнопки SB5 температуру уменьшают шагами по 1 °С. По достижении 0 °С дальнейшие нажатия на эту кнопку или её удержание температуру не изменяют. Выйти из этого состояния можно только с помощью кнопки SB4.

Ввод поправки хода часов

Удерживая нажатой кнопку SB3, нажатиями на кнопки SB4 и SB5 вводят поправку хода часов — число в интервале от −255 до +255, которое для достижения приемлемой точности хода часов нужно подобрать. Положительная поправка ускоряет ход часов, а отрицательная замедляет. Чем больше абсолютная величина поправки, тем сильнее ускоряется или замедляется ход.

Нажатие на кнопку SB4 увеличивает абсолютную величину поправки на единицу, а на кнопку SB5 на столько же уменьшает её. При переходе через ноль

знак поправки сменяется противоположным. После каждого нажатия экран ЖКИ на 0,6 с принимает вид, показанный на **рис. 4**, затем на него возвращается главное меню.

Точность хода часов зависит не только от точности установки и стабильности тактовой частоты микроконтроллера. Их отставание вызывают, например,

Рис. 4

затраты процессорного времени на обработку информации, изменение и запоминание параметров. Чёткого алгоритма подстройки хода часов нет. Рекомендуется сначала ввести нулевую поправку и установить текущее время равным показаниям эталонных часов. Далее через некоторые промежутки времени следует определять, спешат часы или отстают, и корректировать их ход, увеличивая или уменьшая поправку.

Установка яркости освещения аквариума

Как уже было сказано, яркость освещения зависит от коэффициента заполнения прямоугольных импульсов, генерируемых микроконтроллером на выходе RB3 и следующих с частотой 254 Гц. Этот коэффициент можно программно изменять от нуля до единицы с шагом 1/256, загружая в регистр сравнения модуля CCP1 таймера микроконтроллера целые числа в интервале 0—255.

Рис. 5

В предлагаемом устройстве шаг изменения этого числа выбран равным 16, что позволяет устанавливать 16 градаций яркости. Её изменяют в сторону увеличения короткими нажатиями на кнопку SB2, удерживая при этом нажатой кнопку SB3. За максимальной яркостью вновь следует нулевая и далее по кругу.

При каждом нажатии на кнопку SB2 экран ЖКИ на 0,6 с приобретает вид, показанный на **рис. 5**. В верхней строке показан интервал изменения коэффициента заполнения от 0 до 1, а число прямоугольников в нижней строке пропорционально установленной яркости. Введённое значение коэффициента сохраняется в EEPROM микроконтроллера.

Установка режимов работы таймера

Находясь в главном меню, коротким нажатием на кнопку SB1 можно установить режимы "Запущен" или "Пауза". При каждом нажатии они сменяются в бесконечном цикле.

В режиме "Запущен" устройство выполняет все предусмотренные функции, а в крайней правой позиции нижней строки экрана выведен символ этого режима в виде треугольника с вершиной, направленной вправо, как на рис. 3.

В режиме "Пауза" на выходах RB3—RB6 микроконтроллера установлены низкие логические уровни напряжения, поэтому все исполнительные устройства, в том числе нагреватель и осве-

Рис. 6

щение, выключены, а светодиоды HL1—HL4 погашены. Счёт времени и обработка информации микроконтроллером продолжаются, установленные параметры остаются прежними. Символ в крайней правой позиции нижней строки экрана ЖКИ принимает вид двух параллельных вертикальных линий, как на **рис. 6**.

При переходе из режима "Пауза" в режим "Запущен" микроконтроллер немедленно устанавливает на своих выходах RB3—RB6 управляющие сигналы в соответствии с текущим временем, заданными моментами включения и выключения исполнительных устройств и температурой воды, измеренной датчиком BK1.

Временные циклы работы исполнительных устройств

Понятие временного цикла было введено и подробно описано в [1]. В рассматриваемом случае в программе

Рис. 7

микроконтроллера предусмотрено три разных по длительности временных цикла: часовой, суточный и комбинированный (суточно-часовой). Исполнительным устройствам присвоены условные номера: 1 — освещение аквариума, 2 — воздушный компрессор, 3 — раздатчик корма. Каждому из них можно произвольно назначить любой из имеющихся временных циклов. Время включения задают в верхней строке экрана ЖКИ, а время выключения — в нижней.

Часовой цикл — самый короткий. В нём в заданные минуты каждого часа происходит включение и выключение исполнительного устройства. Минуты включения и выключения могут быть заданы в интервале 0—59, причём выключение должно происходить хотя бы на минуту позже включения. Например, на **рис. 7** задан часовой цикл, в котором исполнительное устройство 2 включается в первую минуту каждого часа, а выключается в его тридцать первую минуту.

Суточный цикл — второй по продолжительности. В нём в течение каждых суток происходит одно включение и одно выключение исполнительного устройства. Моменты включения и выключения задают в часах и минутах. На **рис. 8** показан экран ЖКИ, на котором задан суточный цикл для исполнительного устройства 1 с его включением в 16 ч 30 мин и выключением в 9 ч 00 мин.

В комбинированном цикле включение и выключение исполнительного

Рис. 8

устройства происходят не один раз в сутки, а каждый час в заданном интервале с минуты включения по минуту выключения. Экран ЖКИ с комбинированным циклом показан на **рис. 9**. В нём исполнительное устройство 3 в течение суток включается и выключается 11 раз. Первый раз — с 6 ч 00 мин до 6 ч 15 мин, второй раз — с 7 ч 00 мин до 7 ч 15 мин и т. д. Последний раз оно будет включено в 16 ч 00 мин и выключено в 16 ч 15 мин.

Приведём расшифровку изображений, выводимых на экран ЖКИ при отображении временных циклов. В верхней строке экрана позиция 1 (крайняя левая) при выборе исполнительных устройств 2 и 3 содержит пробел, а при выборе исполнительного устройства 1 — символ прямоугольных импульсов. В позиции 2 этой строки выведен номер исполнительного устройства, а в позиции 4 — значок, символизирующий кнопку в нажатом состоянии, который означает, что далее в строке указано

Рис. 9

время включения исполнительного устройства.

Позиция 1 нижней строки отведена под знак "звёздочка*", означающий, что временной цикл для исполнительного устройства, номер которого указан в верхней строке, выбран, а информация об этом сохранена в EEPROM микроконтроллера. Позиция 2 нижней строки занята буквами Ч, С и К соответственно для часового, суточного и комбинированного циклов. В позиции 4 изображена отпущенная кнопка, а за ней следует время выключения исполнительного устройства.

Установка моментов включения/ выключения исполнительных устройств

В меню исполнительных устройств переходят из главного меню коротким нажатием на кнопку SB2. Далее короткими нажатиями на ту же кнопку перебирают исполнительные устройства и вновь выходят в главное меню. Этот цикл можно повторять.

Остановив выбор на каком-либо исполнительном устройстве, можно

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

назначить ему временной цикл и задать моменты включения и выключения. Короткими нажатиями на кнопку SB3 временные циклы перебирают по кольцу в последовательности часовой, суточный, комбинированный. При этом номер исполнительного устройства на экране не меняется. Символом "звёздочка" в начале нижней строки будет отмечен только один из перебираемых циклов — тот, что был назначен данному исполнительному устройству ранее.

Остановив выбор на каком-либо временном цикле, с помощью кнопки SB1 устанавливают моменты включения и выключения исполнительного устройства. Этот процесс аналогичен используемому для установки текущего времени, и его тоже нужно обязательно довести до конца, иначе вернуться в главное меню можно будет только выключением и последующим включением питания устройства.

После ввода последнего значения (минуты в нижней строке) и длинного нажатия на кнопку SB1 экран приобретёт вид, аналогичный показанному на рис. 7—9. Вновь выбранный временной цикл теперь отмечен символом "звёздочка", а введённая информация сохранена в EEPROM микроконтроллера.

Далее нажатием на кнопку SB2 переходят к установке цикла работы следующего исполнительного устройства. После завершения всех установок и нажатия на кнопку SB2 на экран будет выведено главное меню. Из него нажатием на кнопку SB2 всегда можно вновь войти в меню исполнительных устройств и, пролистав его, убедиться в правильности сделанных установок либо изменить их.

Управление таймером может показаться слишком сложным. Однако достаточно один раз пройти все его этапы, и всё станет понятно. А в случае ошибочного ввода всегда можно выключить таймер и, включив его вновь, начать установку заново.

Описанный таймер пригоден не только для управления аквариумом. На его основе можно изготовить, например, симулятор присутствия людей в помещении, систематически включающий и выключающий освещение и бытовые приборы. По сигналу датчика температуры можно автоматически открывать и закрывать теплицы или включать и выключать отопление в доме.

Установка в таймер низковольтного микроконтроллера PIC16LF628A позволит питать его от батареи напряжением 3 В, "отвязав" от сети ~230 В. Такой таймер можно сделать переносным, особенно если перевести на батарейное питание и исполнительные устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нюхтилин Г.** Шестиканальный таймер с функциями регулирования температуры, освещения и резервным питанием. — Радио, 2017, № 1, с. 32—37.

2. **Куликов А.** Как выбрать светодиодную ленту: их виды и особенности. — URL: **http://stroisovety.org/kak-vybrat-svetodiodnuyu-lentu/** (21.05.17).

3. MOC3061M, MOC3062M, MOC3063M, MOC3162M, MOC3163M 6-Pin DIP Zero-Cross Triac Driver Optocoupler (600 Volt Peak). — URL: **https://www.fairchildsemi.com/datasheets/MO/MOC3062M.pdf** (21.05.17).

От редакции. *Файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 и программа микроконтроллера имеются по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/aqua2.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Усовершенствование системы зажигания мопедов "Альфа"

А. ШУВАЕВ, г. Петушки Владимирской обл.

Современные мопеды и скутеры оснащаются электронной системой зажигания CDI (от англ. Capacitor Discharge Ignition), популярной у нас ещё с 70-х годов прошлого столетия и называемой тиристорной или конденсаторной. Она основана на разрядке конденсатора через первичную обмотку катушки зажигания и открытый тиристор для получения искрообразования в свечах. Однако регулировка угла зажигания (УЗ) на данных мопедах не предусмотрена. Автор путём простых изменений в схеме блока коммутатора ввёл регулировку УЗ, что качественно отразилось на работе двигателя.

Система зажигания мопеда "Альфа" весьма проста и надёжна. Но всё же в ней есть один существенный недостаток — отсутствие регулировки угла зажигания. Во время эксплуатации при работе двигателя на холостом ходу и малых оборотах система зажигания давала слишком раннее искрообразование. Это проявлялось в сильной отдаче при пуске двигателя, а на холостых оборотах он вообще мог даже остановиться, дёрнув цепь электростартёра в обратную сторону.

Схема блока коммутатора (далее коммутатор) системы AC CDI, установленного производителем на моём мопеде, приведена на **рис. 1**. Она показана упрощённой, но достаточной для понимания принципа его работы в составе системы. Катушка зажигания T1 со свечой FV1 расположена вне коммутатора и показана условно. В процессе анализа работы системы зажигания выяснилась следующая особенность формирования искры. При прохождении специального выступа на роторе генератора (маховике) мимо индукционного датчика на его выходе возникают два импульса, поступающих

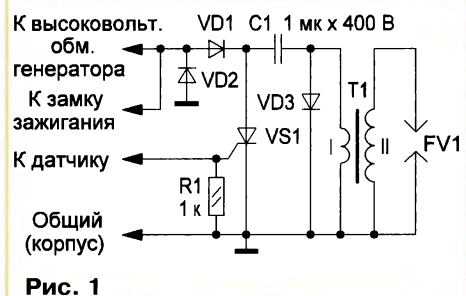
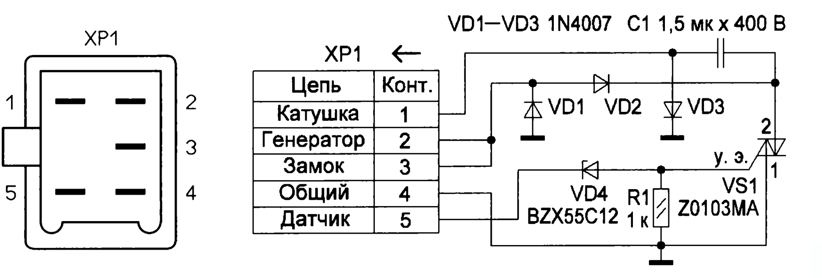


Рис. 1

в коммутатор. Первый, более ранний положительной полярности, возникает, когда выступ подходит к датчику, а второй, более поздний отрицательной полярности, — когда выступ удаляется от датчика. Искрообразование (далее зажигание) в свече происходит от первого импульса, поступающего в коммутатор, а второй (более поздний отрицательной полярности) в работе системы зажигания не используется. Появилась идея задействовать в работе системы оба импульса, причём так, чтобы при малых оборотах двигателя зажигание было более поздним, а при повышенных становилось ранним. Это потребовало разработки как новой схемы, так и конструкции коммутатора.

Схема разработанного коммутатора приведена на **рис. 2**. Чтобы устройство реагировало на разнополярные импульсы, тиристор (VS1, рис. 1) был заменён симистором VS1, а для селекции управляющих импульсов установлен стабилитрон VD4. При работе двигателя на холостом ходу и малых оборотах амплитуда импульсов, поступающих с индукционного датчика, меньше напряжения стабилизации стабилитрона VD4, поэтому на вход симистора VS1 проходят только более поздние импульсы отрицательной полярности, для которых стабилитрон включён как обычный диод в прямом направлении. С повышением числа оборотов двигателя амплитуда управляющих импульсов, идущих с датчика, растёт и при частоте вращения около 2500...3000 об/мин достигает 12 В. В этот момент от импульсов положительной полярности стабилитрон пробивается, и через управляющий электрод симистора VS1 начинает протекать ток, вызывающий его открывание. Двигатель начинает работать на более раннем угле зажигания. Частота оборотов, при которой происходит переключение с более позднего на более раннее зажигание, зависит от напряжения стабилизации стабилитрона, поэтому её можно регулировать в широких пределах, изменяя напряжение стабилизации от 3,3 до 20...30 В подбором

стабилитрона. При подборе необходимо, о чём уже сказано выше, применять стабилитроны с прямой ВАХ, как у обычного диода. Для повышения энергии искры ёмкость конденсатора C1 была увеличена до 1,5 мкФ.



Цепь	Конт.
Катушка	1
Генератор	2
Замок	3
Общий	4
Датчик	5

Рис. 2

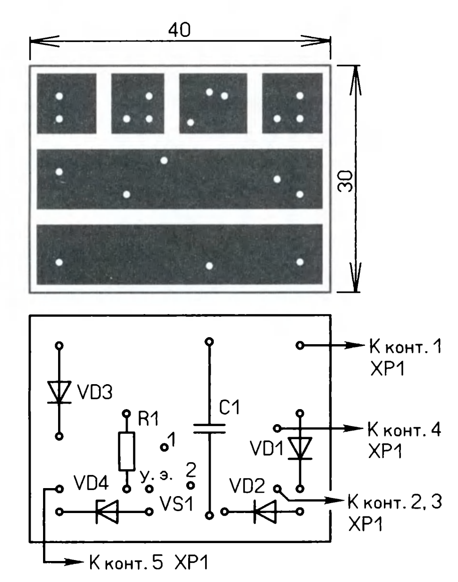


Рис. 3

Конструкция штатного коммутатора — неразборная и не поддаётся ремонту (плату с элементами производитель заливает эпоксидной смолой). Поэтому при изготовлении нового коммутатора я использовал от штатного только вилку разъёма (XP1).

Печатная плата и расположение элементов приведены на **рис. 3**. Токопроводящие дорожки вместо травления можно прорезать резаком. Ширина между дорожками — около 2 мм. После сборки устройство помещено в подходящую пластиковую коробку. Для гидроизоляции стыки желательно промазать герметиком. На изготовление всей конструкции у меня ушло примерно три часа.

Работоспособность собранного коммутатора проверяют с помощью автомобильного стробоскопа. При малом числе оборотов двигателя в смотровом окошке, расположенном на левой защитной крышке ротора генератора, будет видна одинарная риска со значком F. Риски, сделанные на маховике, выполнены в виде насечек и не очень хорошо видны. Поэтому при налаживании устройства советую обвести их чёрным фломастером через смотровое окошко, тогда они будут отчётливо видны при засветке стробоскопом. С повышением числа оборотов примерно до 2500...3000 об/мин происходит скачкообразное переключение угла зажигания на более раннее, и в смотровом окошке появляется двойная риска — двигатель начинает работать в обычном штатном режиме. При этом импульсы отрицательной полярности с датчика, как уже сказано выше, коммутатором игнорируются. Поскольку амплитуда сигнала, идущего с датчика, изменяется от 1...2 В на самых низких оборотах двигателя до 30...40 В на самых высоких, можно поэкспериментировать и подобрать любую частоту переключения угла зажигания. Напряжению 9...12 В примерно соответствует частота 2500...3000 об/мин, которая, на мой взгляд, является оптимальной для таких мопедов.

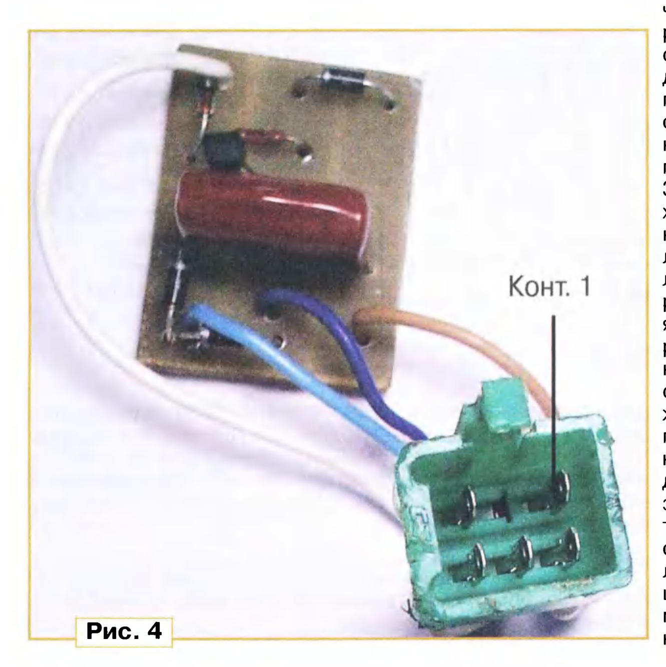


Рис. 4

С таким коммутатором я отъездил два сезона, и он проявил себя с лучшей стороны. При пуске двигателя пропала сильная отдача, его работа стала более эластичной. Думаю, что данная доработка положительно скажется и на ресурсе работы двигателя.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

РОГОВ И. УМЗЧ с полевыми транзисторами в выходном каскаде. — Радио, 2016, № 10, с. 8—12.

На вопросы читателей отвечает автор.

Нужен ли подбор транзисторов VT11 и VT12 по пороговому напряжению?

Не нужен вследствие суммирования напряжения смещения двух мощных транзисторов на транзисторе термостабилизации.

Чувствительность усилителя.

Усиление по напряжению равно (R20 + R9) / R9 = 23 — для варианта с минимальным выходным сопротивлением. При введении ООС по току выходное сопротивление усилителя растет, и усиление снижается пропорционально соотношению выходного сопротивления к сопротивлению нагрузки. В соответствии с этими соотношениями и рассчитывают чувствительность УМЗЧ.

Рис. 1

Где лучше закрепить транзистор термостабилизации VT9?

Этот транзистор можно закрепить через изолирующую прокладку на одном из теплоотводов рядом с мощным транзистором.

КОРНЕВ А. Сигнализатор утечки бытового газа. — Радио, 2017, № 4, с. 36, 37.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы и расположение элементов приведены на **рис. 1**. На ней размещены все элементы, кроме датчика газа, вольтметра PV1 и переменного резистора R2. ОУ DA1 — INA155U или INA155UA в корпусе SO-8. Его монтируют на стороне печатных проводников. При разводке печатных проводников оказалось целесообразным поменять местами светодиод HL1 и токоограничивающий резистор R4. Оксидный конденсатор C1 — K50-35 или импортный. Конденсаторы C2—C4 — керамические, например KM5. Пьезокерамический излучатель HPA22AX со встроенным генератором заменим любым подобным с рабочим напряжением 3...28 В и частотой излучения в несколько килогерц. Следует учесть, что транзисторная оптропара KP249KH4A рассчитана на максимальное коммутируемое напряжение 200 В, ток нагрузки — не более 4 мА, а рассеиваемую мощность — не более 50 мВт.

*От редакции. Чертежи печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/sbg.zip** на нашем FTP-сервере.*

АКСЁНОВ Е. Источник образцового напряжения. — Радио, 2017, № 3, с. 39.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы и расположение элементов приведены на **рис. 2.** Плавкая вставка FU1 установлена в держателе на плату — NF004 (ZH266, FC-001S) 5×20. Микросхемы DA1, DA2 — REF102AP, REF102BP или REF102CP в корпусе DIP-8. Подстроечные резисторы R2, R3 — СП3Sб или импортные. Для резистивного делителя R6—R15 предусмотрена установка как выводных, так и поверхностно монтируемых резисторов.

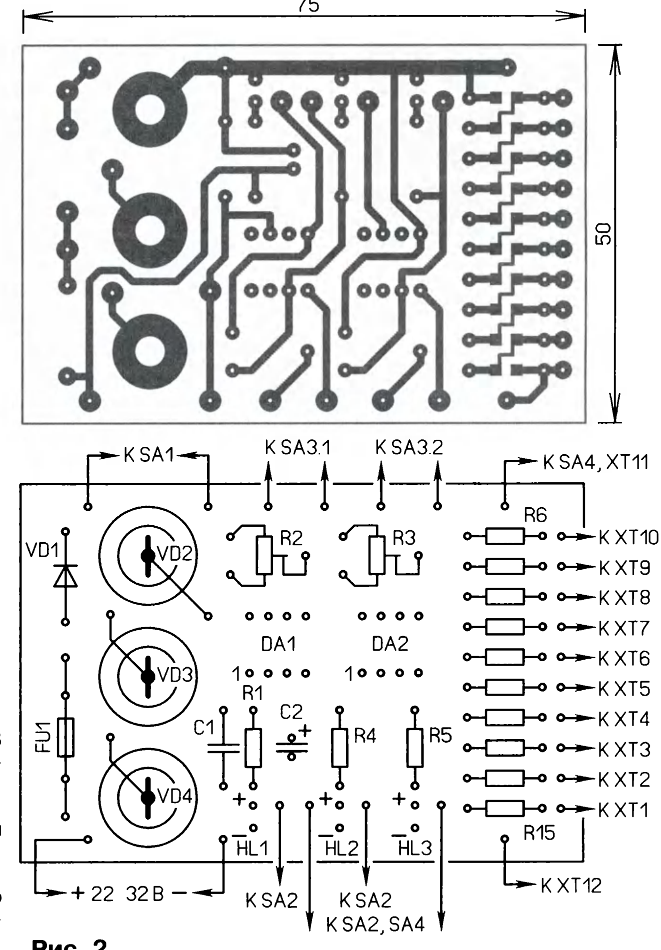


Рис. 2

*От редакции. Чертежи печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/ion.zip** на нашем FTP-сервере.*

Молодёжная конференция "Радиопоиск 2017"

Как-то незаметно прошёл ещё один год с момента проведения 25-й юбилейной Московской открытой научно-практической конференции научно-технического творчества молодёжи по радиоэлектронике. За этот год конференции вернулось её историческое название — "Радиопоиск", и второй раз она проводилась в стенах Центра "Исток" ГБПОУ "Воробьёвы горы" при поддержке Московских областного и городского отделений Союза радиолюбителей России, а также НТОРЭС им. А. С. Попова.

В этот весенний день проведения конференции, 9 апреля 2017 г., собрались единомышленники-радиоэлектронщики из десяти детских творческих коллективов. Вместе с организатором проведения конференции Центром "Исток" — это Центры "На Донской" ГБПОУ "Воробьёвы горы" и "На Миуссах" ГБОУ ДО ДТДиМ, а также Гимназия № 1799 "Экополис", ГБОУ Школа № 1770, ГБОУ СОШ № 227, ГБОУ СОШ № 2103, радиолюбительский центр творчества и досуга "Ратель", ГБОУ ДО ЦВР "На Сумском" и СЮТ г. о. Мытищи.



Алексей Черных и его блок питания.



Виктор Красюк рассказывает о радиоуправляемой модели самолёта.



Докладывает Кирилл Егорочкин.

Дмитрий Затонских и Дмитрий Максименко демонстрируют работу пушки Гаусса.

По сравнению с предыдущим годом, в работе конференции произошли изменения. Было расширено число номинаций, в которых представлены творческие работы обучаемых, с четырёх до девяти. Почти все участники конференции были награждены дипломами Лауреата, 1, 2 и 3-й степеней. Всего для участия в конференции было заявлено более 70 работ, а на очном этапе были заслушаны доклады 51 участника, из них 15 — в номинации "Юные электронщики".

Как уже сложилось, наибольшее число работ было представлено участниками отдела радиотехники Центра "Исток" (руководитель Александр Александрович Фомской). В номинации "Юные электронщики" его воспитанники восьмилетние Михаил Осипов и Александр Блищенко были отмечены дипломами 1-й и 3-й степеней. Михаил представил три свои работы: экономичный светодиодный фонарик с питанием от одного элемента, электронную сирену на базе несимметричного мультивибратора с управлением от кнопки и игрушку "Весёлый смайлик", которая включается с помощью геркона и проигрывает мелодию, подмигивая глазками из светодиодов, а Александр — модель автомобиля, в который он установил полицейскую светодиодную мигалку, выполненную на симметричном мультивибраторе. Помимо этого, в номинации "Радиоэлектронные устройства" дипломами 3-й степени были награждены ещё три учащихся Александра Александровича —

это одиннадцатилетний Дмитрий Лешанков, который представил три работы: "Электронное ухо", "Усилитель звуковой частоты" и "Устройство для подзарядки телефона"; двенадцатилетний Виталий Марков за "УКВ FM радиоприёмник с УНЧ" и пятнадцатилетний Иван Лямин за работу "Мегафон".

Также в номинации "Юные электронщики" за работу "Модель лифта" звания Лауреата был удостоен десятилетний Илья Плотников, десятилетний участник конференции Аркадий Черепанин награждён дипломом 1-й степени за работу "Таймер", а девятилетний Артём Ширяев получил диплом 2-й степени за работу "Микрофонный усилитель" (педагог Михаил Евгеньевич Печерский, Центр "Исток"). Ещё два воспитанника этого педагога — двенадцатилетний Роман Розин получил диплом 3-й степени за работу "Фотореле", а Никита Цирг удостоен диплома 2-й степени за работу "Панорама "Зима 1942 года".

Педагог Центра "Исток" Иван Петрович Синицын также подготовил призёров в номинации "Юные электронщики". Десятилетний Никита Агашкин и девятилетний Тимофей Козлов получили дипломы 2-й степени за работы "Детекторный радиоприёмник" и "УНЧ для плейера". Диплома 3-й степени удостоены девятилетний Руслан Агаев ("Мигалка для велосипеда"), восьмилетний Иван Погосян ("Детектор лжи"), семилетний Николай Калинин ("УКВ-радиоприёмник"), одиннадцатилетний Алексей Черных ("Блок питания"), девятилетний Фёдор Карасёв ("Усилитель звуковой частоты"), десятилетний Илья Краснов ("Стробоскоп") и двенадцатилетний Алексей Налтакян ("Светильник"). Неоднократные участники конференции тринадцатилетний Иван Маджар и двенадцатилетний Андрей Абысов представили свои новые работы. Иван награждён дипломом 2-й степени за "Модель радиоприёмника СВД-9", а Андрей — дипломом 3-й степени за "Устройство для обучения передачи сигналов азбуки Морзе". Запоминающимся было выступление на конференции ещё одного воспитанника Ивана Петровича — Сергея Гамбаряна. Сергей впервые увлёкся радиотехникой в свои семнадцать лет. В эмоциональном докладе он продемонстрировал "Гитарный усилитель" и игру на электрогитаре. Его работа удостоена диплома 2-й степени.

Хочется отметить, что в работе конференции впервые приняли участие два новых радиолюбительских коллектива. Из радиокружка при Гимназии № 1799 "Экополис" (педагог Владимир Леонидович Лагунов) девятилетний Иван Вольвак представил свой "Электронный фонарик", а двенадцатилетний Алексей Лагунов — работу под названием "Передача информации по лазерному лучу". За свои работы они получили дипломы 3-й и 2-й степеней соответственно. Воспитанник СЮТ г. о. Мытищи двенадцатилетний Данила Алексеенко (педагог Константин Владимирович Дудов) получил диплом 2-й степени за работу "Испытатель светодиодов".

Нельзя не отметить вниманием работы учащихся, получивших диплом Лауреата. Это воспитанник Центра "Исток" одиннадцатилетний Георгий Клепиков — за работу "Устройство защиты от протечки воды" (педагог Александр Александрович Фомской), учащийся ГБОУ Школа № 1770 шестнадцатилетний Кирилл Егорочкин — за работу "Автономная метеостанция" (педагоги Виктор Иванович Кириленко и Ирина Олеговна Батаева) и воспитанник Центра "На Донской" пятнадцатилетний Кирилл Сёмин — за работу "Электромагнитная пушка" (педагог Алексей Викторович Ковалёв). Ещё три воспитанника Алексея Викторовича Ковалёва — пятнадцатилетние Андрей Катечкин, Влас Шиян и Тимофей Калинин удостоены дипломов 1, 2 и 3-й степеней за работы "Многоступенчатый ускоритель Гаусса", "Космическая почта" и "Блок питания высокой мощности".

Пётр Ильичёв демонстрирует свою разработку.

Никита Цирг рассказывает о своём проекте.

Иван Маджар и модель радиоприёмника СВД-9.

В номинации Техническое моделирование были представлены две модели четырнадцатилетних Мирона Зайцева "Радиоуправляемая модель летающего крыла" и Виктора Красюка "Тренировочная радиоуправляемая модель самолёта" (педагог Центра "Исток" Артур Владимирович Шагинян). Обе работы были отмечены дипломами 2-й и 3-й степеней.

Особый интерес у членов экспертного совета вызвала работа двенадцатилетнего Дмитрия Крылова "Кормушка для удалённого кормления домашнего питомца" (педагог Центра "На Донской" Виталий Викторович Полянский), в которой предполагается управление кормушкой в клетке попугая с помощью Wi-Fi соединения.

Воспитанники педагога Сергея Михайловича Кузнецова из ГБОУ ДО ЦВР "На Сумском" пятнадцатилетний Виталий Кисель представил "Систему умного дома", позволяющую дистанционно управлять домашней техникой (диплом 1-й степени), а двенадцатилетний Дмитрий Затонских и четырнадцатилетний Дмитрий Максименко — "Модель пушки Гаусса" (диплом 2-й степени).

Отдел радиотехники из дома творчества "На Миуссах" представил три работы, две из которых удостоены диплома 2-й степени — это "Фигуры Лиссажу" одиннадцатилетнего Петра Ильичёва (педагог Юрий Иванович Симонов) и "Макет железной дороги со звуковыми эффектами" одиннадцатилетнего Всеволода Соколовского (педагог Елена Владимировна Иванова). Ещё две работы удостоены диплома 3-й степени — это "Усилитель звука для сотового телефона" двенадцатилетнего Вадима Ажгирея и "Энергосбережение света в городе" тринадцатилетнего Дмитрия Нещеретова из центра творчества "Рател" (педагог Юрий Иванович Симонов).

На церемонии награждения участников конференции, как всегда, было много родителей и гостей. Все призёры были отмечены красочными дипломами и памятными сувенирами. Впереди лето — время, когда можно отдохнуть, набраться сил и начинать готовиться к очередным этапам в радиотехническом творчестве.

Доработка электробритвы VT-1378BK

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Аккумуляторная электробритва торговой марки Vitek модели VT-1378BK (**рис. 1**) после приобретения хранилась без использования четыре года, после чего оказалось, что встроенные в неё два Ni-MH аккумулятора пришли в полную негодность. Поскольку автономное использование этой электробритвы не требовалось, было решено переделать её для работы от внешнего источника питания.

Чтобы эту электробритву можно было подключать к различным источникам питания, в неё был установлен стабилизатор напряжения, от которого и будет питаться электродвигатель. Схема стабилизатора показана на **рис. 2**. Наличие на входе диодного моста VD1 позволяет подключать бритву как к источнику напряжения постоянного тока 5...10 В, полярность которого не имеет значения, так и к источнику напряжения переменного тока 6...9 В. Конденсатор С1 — блокировочный по цепи питания DA1, он также сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Микросхема DA1 (AS2830AT-adj) представляет собой линейный компенсационный регулируемый стабилизатор напряжения. Его выходное напряжение задают резисторы R1 и R2, а максимальный выходной ток — 3 А. При подаче питающего напряжения светит светодиод HL1. Электродвигатель M1 включается при замкнутых контактах выключателя SB1. При токе 0,5 А минимальное падение напряжения на микросхеме DA1 — 1,1 В. Конденсатор С3 и диод VD2 уменьшают создаваемые коллекторным двигателем бритвы радиопомехи.



Рис. 1

Рис. 3

Чтобы разобрать корпус электробритвы, нужно удалить две резиновые заглушки и вывинтить два винта. Печатную плату, на которой установлены контроллер зарядки, электронный выключатель питания электродвигателя и аккумуляторные элементы удаляют. Исправные элементы можно будет использовать в других конструкциях. Активное сопротивление обмоток электродвигателя — около 1 Ом. При напряжении питания 2,8 В он потребляет ток около 0,5 А при работе электробритвы и около 0,2...0,3 А в режиме холостого хода.

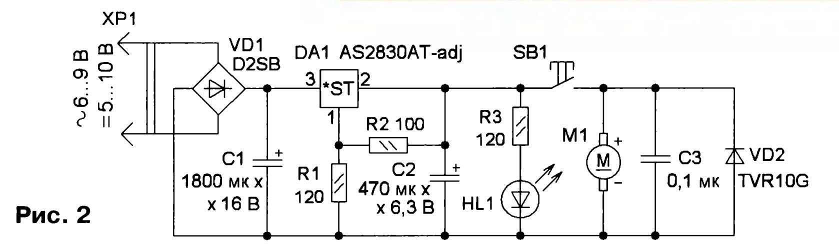


Рис. 2

При изготовлении стабилизатора напряжения было решено монтажную плату не использовать. Кнопка SB1 (МП-1) приклеена к корпусу электробритвы напротив толкателя кнопки термоклеем и растворённым в ацетоне полистиролом. Светодиод HL1 — зелёного цвета свечения для поверхностного монтажа, он приклеен к прозрачной вставке из оргстекла цианокрилановым клеем. Остальные детали приклеены внутри корпуса бритвы клеем "Квинтол" (**рис. 3**).

Можно применить резисторы любого типа. Конденсаторы С1 и С2 — оксидные малогабаритные импортные, ёмкость С1 — 1500...3300, С2 — 470...2200 мкФ. Конденсатор С3 — керамический, он припаян непосредственно к выводам электродвигателя. Диодный мост D2SB можно заменить другим, например, RS201—RS207, RC201—RC207, D2SBA, G2SB60, GBL06. Вместо диода TVR10G подойдёт любой из серий КД208, КД209, КД243, 1N4001—1N4007, 11DF1—11DF4. Можно применить микросхему в корпусе TO-220, TO-263 или TO-252: AS2830AT-adj, AS2830AU-adj или AS2830AR-adj. Её можно заменить микросхемой из серий AS2850, LT1085, LD1085. В случае установки микросхемы LD1085V28, LD1085D2T28 или LD1085D2M28 резистор R2 не устанавливают, а резистор R1 заменяют проволочной перемычкой. Микросхема установлена на Н-образный пластинчатый латунный теплоотвод толщиной 0,8 мм и площадью поверхности 7 см^2 (с одной стороны).

Безошибочно изготовленное из исправных деталей устройство начинает работать сразу и не требует налаживания. При использовании блока питания с триггерной защитой от перегрузки подойдёт блок, рассчитанный на ток нагрузки не менее 2 А. При подключении устройства к блоку питания с защитой от перегрузки, работающей по принципу ограничения максимального выходного тока, подойдёт рассчитанный на ток нагрузки от 0,5 А. Следует учесть, что при разомкнутых контактах кнопки SB1 устройство потребляет ток 0,02 А.

Провод питания, которым комплектовалось зарядное устройство для этой электробритвы, имеет малое сечение провода по меди, поэтому от него целесообразно использовать только штекер, а провод заменить другим — двухжильным с сечением по меди 0,5 мм^2 каждая, длиной до 2 м.

Комнатный термометр на Arduino и WS2812B

В. МУСИЯКА, г. Москва

Предлагаемый термометр собран на Arduino Nano v.3 и светодиодах с пиксельной адресацией WS2812B. Такое устройство можно не спеша собрать за два-три вечера, причём львиная доля времени будет потрачена на поиск материалов и работы, связанные с резкой пенокартона, рисованием и распечатыванием на принтере шкалы температуры, склеиванием и обдумыванием внешнего вида прибора. Сборка электронной части и программирование, благодаря среде Arduino IDE, могут оказаться приятными и быстрыми.

На страницах журнала "Радио" и в Интернете можно найти немало конструкций термометров, в том числе комнатных, для измерения температуры в помещении [1—3]. В подавляющем большинстве такие термометры имеют цифровую шкалу — индицируют измеряемую температуру в виде числа либо на светодиодном, либо на жидкокристаллическом индикаторе. Оно и понятно: результат измерения медленно изменяющихся параметров лучше представлять в цифровом виде. Однако старые добрые спиртовые термометры, в которых температуру определяют наглядно по высоте столбика подкрашенного спирта, долгое время служили, да и сейчас служат, верой и правдой. Высокая точность измерения комнатной температуры — десятые и сотые доли градуса — чаще всего не требуется. Достаточно отображать результат в целых градусах Цельсия.

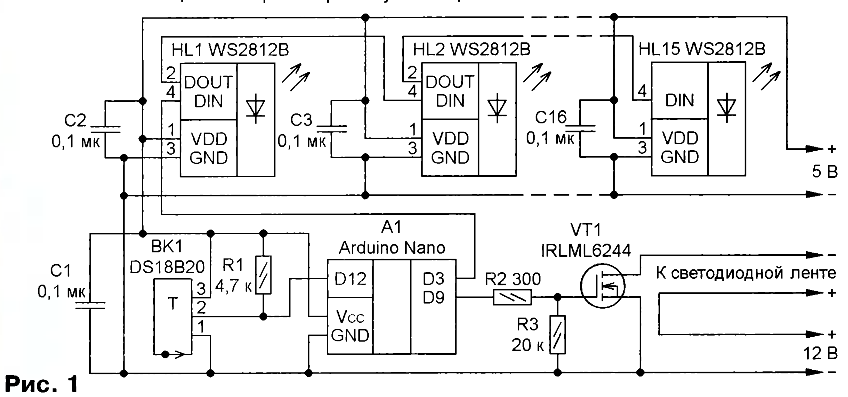


Рис. 1

Возникла идея изготовить внешне похожий на спиртовой квазианалоговый термометр, но с электронной "начинкой". Выбор пал на микроконтроллерный модуль Arduino и на светодиоды с пиксельной адресацией. Почему не использованы обычные светодиоды? Ответ прост: для индикации температуры в выбранном интервале от 15 до 29 °С потребовалось бы существенно усложнить печатную плату, что весьма проблематично.

Схема термометра показана на **рис. 1**. Для визуализации температуры были выбраны светодиоды с пиксельной адресацией WS2812B в корпусе типоразмера 5050, которые выпускает компания Worldsemi Co Limited. От обычных RGB-светодиодов они отличаются наличием встроенной микросхемы управления. Трёхканальным ШИ-контроллером микросхемы светодиода WS2812B управляют по одному проводу. У этих светодиодов четыре вывода: два — питания (+5 В и общий) и два вывода управления (вход DIN и выход DOUT). Подключают светодиоды друг за другом. Управляющий сигнал от Arduino поступает на вход DIN первого светодиода. Выход DOUT этого светодиода подключён к входу следующего за ним. И так до последнего светодиода, выход которого никуда не подключён. На вход DIN первого светодиода с выхода D3 Arduino поступает последовательность прямоугольных импульсов с частотой 400 кГц.

Изменением скважности импульсов кодируют лог. 1 и лог. 0: если длительность импульса превышает длительность следующей за ним паузы, — это лог. 1, если же наоборот, — лог. 0. Пауза длительностью 50 мс инициализирует микросхему светодиода и разделяет между собой 24-разрядные посылки. Контроллер светодиода HL1 считывает первую 24-разрядную последовательность, в которой содержится информация по каждому из трёх каналов (восемь разрядов на каждый цвет). Остальные

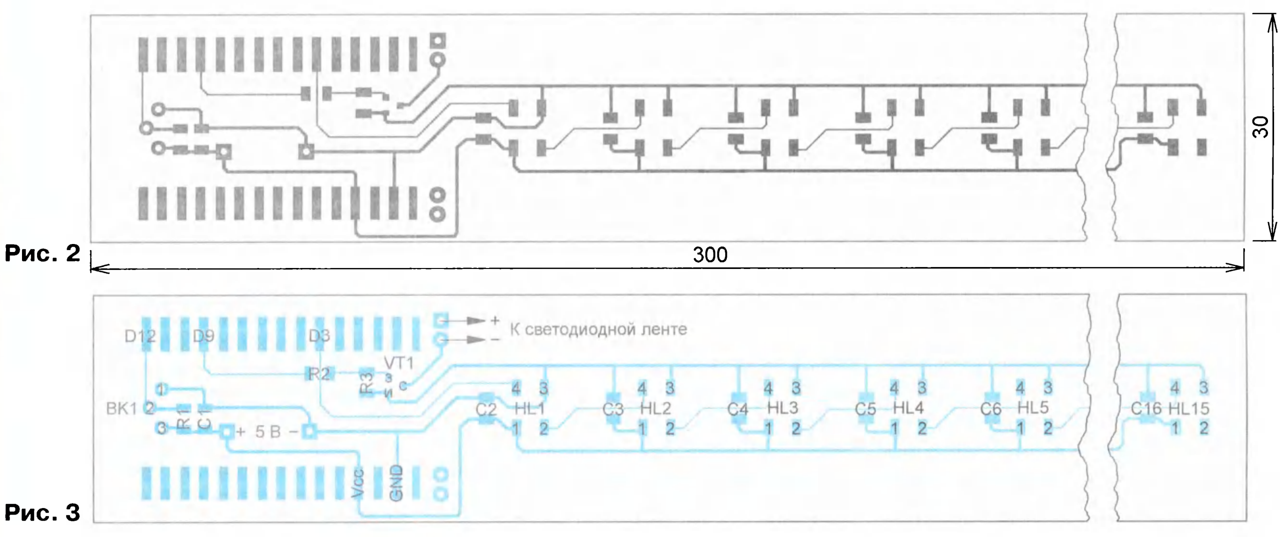


Рис. 2

Рис. 3

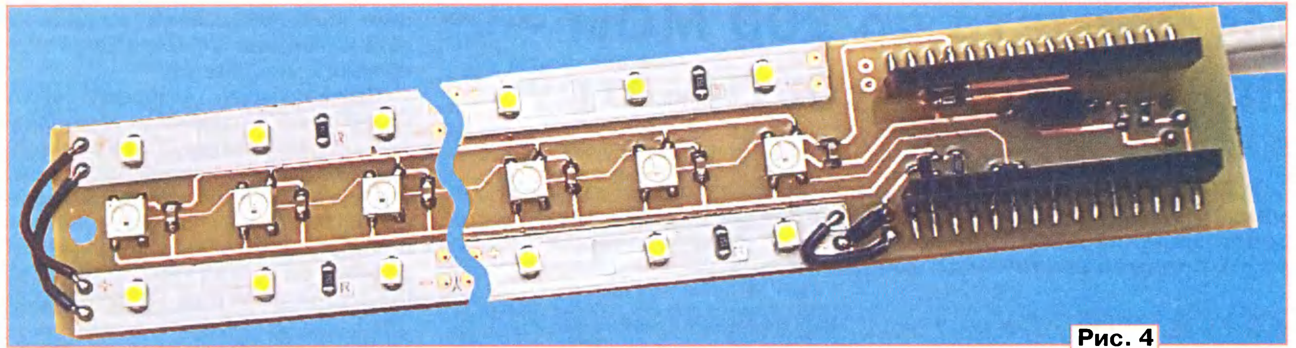


Рис. 4

импульсы после импульса инициализации проходят на выход DOUT, с которого следующая 24-разрядная последовательность поступает на вход DIN контроллера второго светодиода и так далее, до последнего светодиода. Чтобы отобразить на всех 15 светодиодах тот или иной цвет, необходимо передать 24×15 разрядов, разделённых сигналом инициализации.

Для формирования необходимой последовательности импульсов, предназначенных для управления светодиодами WS2812B, применён модуль Arduino Nano v.3 и использована библиотека FastLED [4]. Библиотека позволяет управлять светодиодами с пиксельной адресацией и отдельными ШИ-контроллерами (WS2811, UCS1903), производимыми разными компаниями. С подробной информацией о библиотеке можно ознакомиться на сайте [4].

Программа написана в среде Arduino IDE версии 1.8.2 [5]. Кроме FastLED, использованы библиотеки Arduino-Temperature-Control-Library [6] и OneWire Library [7]. С их помощью упрощается фрагмент программы для опроса датчика температуры DS18B20 (BK1).

Датчик температуры BK1 подключён к выводу D12 Arduino. После инициализации датчика и его опроса формируется последовательность импульсов, которая передаётся с вывода D3 на цепь последовательно включённых светодиодов. В зависимости от температуры зажигается определённым цветом тот или иной светодиод в линейке. При температуре меньше 15 °С или выше 29 °С светодиоды HL1, HL15 будут светиться цветом, отличным от выбранных ранее для них.

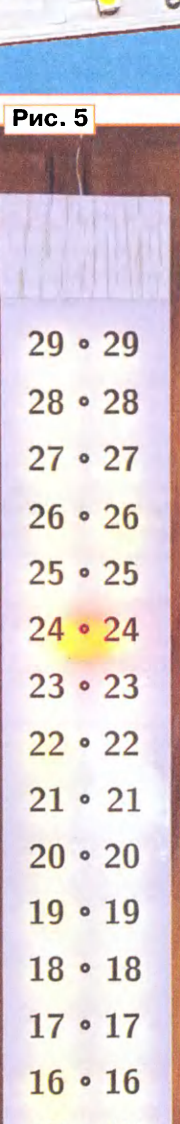
С вывода D9 Arduino на транзистор VT1 поступает сигнал частотой около 500 Гц и скважностью 4. В цепь стока транзистора VT1 включена светодиодная лента с напряжением питания 12 В, состоящая из светодиодов с цветовой температурой 3000 К и использующаяся для декоративной подсветки шкалы температуры.

Потребляемый ток по цепи +12 В не превышает 100 мА, по цепи +5 В может быть от 30 до 700 мА (большее значение — в случае индикации температуры столбиком включённых светодиодов, а не одним, как сделано в этом устройстве).

При первом включении запускается программа тестирования светодиодов HL1—HL15. Поочерёдно, начиная с HL1 и заканчивая HL15, на каждом зажигаются и гаснут красный, зелёный и синий кристаллы светодиодов.

Термометр собран на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы показан на **рис. 2**, расположение элементов — на **рис. 3**. Фото варианта собранной платы представлено на **рис. 4**. Модуль Arduino вставлен в два однорядных

Рис. 5



гнездовых разъёма PBS-15R. Лицевая панель, на которой расположена шкала температуры, изготовлена из пенокартона толщиной 5 мм. На прозрачной матовой самоклеющейся плёнке с помощью лазерного принтера напечатаны цифры от 15 до 29, которые являются шкалой температуры. Расстояние между светодиодами WS2812B выбирается исходя из расстояния между светодиодами светодиодной ленты так, чтобы одни и другие располагались в ряд. Лицевую панель приклеивают к печатной плате, предварительно прорезав в середине прямоугольное отверстие размерами 38×18 мм для Arduino. Термометр в действии показан на **рис. 5**.

Несмотря на то что термометр получился очень простым, его можно ещё упростить, например, отказаться от подсветки светодиодной лентой. В этом случае на плате не устанавливают транзистор VT1 и резисторы R2, R3. Есть у этого устройства возможность модернизации. В авторском варианте температуру индицирует лишь один включённый светодиод, а можно сделать индикацию линейкой включённых светодиодов. Потребуется лишь подкорректировать программу, однако в этом случае увеличится потребляемый по цепи +5 В ток. Недостатком устройства можно считать два напряжения питания: +5 В и +12 В. Этот недостаток можно устранить, питая термометр напряжением +12 В, а +5 В получать с помощью стабилизатора 7805 или аналогичного. Учтите, что стабилизатор необходимо будет установить на теплоотвод площадью не менее 20 см^2.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Глибин С.** Комнатный термометр с автономным питанием. — Радио, 2012, № 9, с. 53, 54.

2. Электронный комнатный термометр. — URL: **http://imolodec.com/temp/elektronnyj-komnatnyj-termometr** (24.05.17).

3. Термометр на базе DS18B20 и OLED дисплея 128X64. — URL: **https://lesson.iarduino.ru/page/termometr-na-baze-ds18b20-i-oled-displeya-128x64/** (24.05.17).

4. FastLED Animation Library. — URL: **http://fastled.io/** (24.05.17).

5. Arduino IDE. — URL: **https://www. arduino.cc/en/Main/Software** (24.05.17).

6. Библиотека Arduino-Temperature-Control-Library. — URL: **https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library/archive/3.7.6.zip** (24.05.17).

7. OneWire Library. — URL: **https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_OneWire.html** (24.05.17), **https://github.com/PaulStoffregen/OneWire/archive/v2.3.3.zip** (24.05.17).

__От редакции__. Программа для Arduino (скетч), чертёж печатной платы в формате SprintLayOut и рисунок шкалы находятся по адресу __ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/termometr.zip__ на нашем FTP-сервере.

Мегомметр до 200 МОм — приставка к мультиметру

С. ГЛИБИН, г. Москва

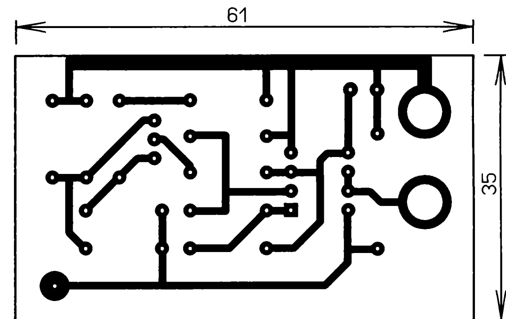
В [1] автором была предложена простая приставка к мультиметрам серий М-83х, DT-83х, расширяющая предел измерения сопротивлений резисторов до 20 МОм. В доработанной приставке этот предел увеличен до 200 МОм.

Схема доработанной приставки приведена на **рис. 1**. Доработка исходного варианта [1] коснулась введения переключателя пределов измерения SA1 и дополнительного резистивного делителя. Кроме того, удалён делитель на выходе ОУ DA1.2, что позволило более точно измерять сопротивление резисторов сопротивлением меньше 2 МОм, о чём будет сказано ниже.

Рис. 1

В верхнем по схеме положении переключателя SA1 предел измерения — 200 МОм. Он задан делителем напряжения R1R2R3. При напряжении на выходе делителя 0,15 В выходной (измерительный) ток источника тока (ИТ) на ОУ DA1.1 — 0,01 мкА. Даже при таком малом значении буферный усилитель на ОУ DA1.2 не оказывает влияния на точность измерений, поскольку его входной ток около 1 пА [2]. В нижнем положении переключателя SA1 предел измерения — 20 МОм. Он задан напряжением 1,5 В резистивного делителя R4R5R6 и выходным током ИТ 0,1 мкА. Поскольку контакты переключателя SA1 на обоих пределах включены последовательно с высокоомным резистором R9, их сопротивление не оказывает влияния на точность измерений.

Чертёж платы показан на **рис. 2**. Элементная база приставки осталась прежней. Резисторы R7, R10 и R8, R9 для уменьшения погрешности измерения следует подобрать парами с разбросом не более 1 % (чем меньше, тем лучше). Отклонение от номинального значения в парах на точность измерений не влияет. Переключатель SA1 — движковый SS12D07 или аналогичный малогабаритный. Резисторы R8, R9 можно применить с более доступным номиналом сопротивления 10 МОм, а R7, R10 — 2 МОм. В этом случае необходимо изменить и номиналы резисторов: R1 — 1,1 кОм; R3 — 18 кОм; R4 — 20 кОм; R5 — 9,1 кОм; R6 — 910 Ом. При этом напряжения на делителях, задающие ток измерения у ИТ, будут соответственно 0,1 и 1 В. После монтажа плату следует тщательно очистить спиртом от флюса.



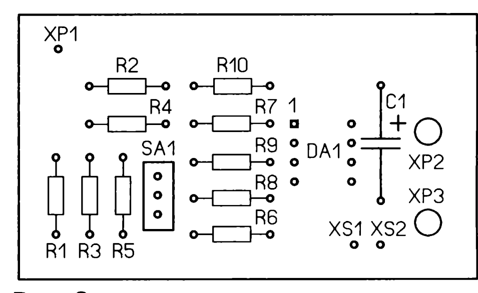


Рис. 2

Рис. 3

При работе с приставкой переключатель рода работ мультиметра устанавливают в положение измерения постоянного напряжения "DCV 2000m". Перед калибровкой во избежание выхода из строя внутреннего стабилизатора +3 В АЦП приставку сначала подключают к автономному источнику питания напряжением 3 В (можно использовать два гальванических элемента по 1,5 В, соединённых последовательно) и измеряют потребляемый ток, который не должен превышать 3 мА, а затем подключают к мультиметру.

Далее проводят калибровку. Начать можно с любого положения переключателя SA1. На пределе 200 МОм к гнёздам XS1, XS2, "Rx" подключают резистор сопротивлением несколько десятков мегаом, которое заранее измерено с погрешностью 1 %, или применяют резистор с таким же классом точности. Подборкой резистора R3 добиваются соответствующих показаний на индикаторе мультиметра. Аналогично подборкой резистора R6 добиваются нужных показаний на пределе 20 МОм, подключив к гнёздам "Rx" резистор сопротивлением несколько мегаом. Возможно, понадобится подбор резисторов R1 и R5. На этом налаживание закончено. При измерении сопротивлений, меньших 2 МОм, переключатель рода работ можно перевести в положение "DCV 200", при этом предел измерения с 20 МОм изменится на 2 МОм. Внешний вид приставки показан на **рис. 3**.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Глибин С.** Мегомметр — приставка к мультиметру. — Радио, 2015, № 5, с. 53, 54.

2. MCP601/1R/2/3/4 2,7v to 6v Single Supply CMOS Op Amps. — URL: **http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21314g.pdf** (01.05.17).

***От редакции**. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/megomm.zip** на нашем FTP-сервере.*

"Танцующий человечек" на Arduino

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Экспериментируя с платой Arduino Uno и самодельным акустическим датчиком, вспомнил о своей прошлой конструкции "Танцующий человечек", описание которой опубликовано в октябрьском номере журнала за 2004 г. на с. 53, 54. Решил, что довольно интересным практическим приложением для звукового датчика может стать самодельный светодиодный индикатор, напоминающий контур человечка (**рис. 1**). Для его реализации понадобится всего 14 светодиодов произвольного цвета свечения, причём 13 — в прямоугольном корпусе и один — в круглом. Схема такого индикатора показана на **рис. 2**. Светодиоды HL1—HL6 — "статичные", т. е. они светят постоянно, имитируя неподвижность головы и тела человечка. Остальные разбиты на четыре пары и при переключении имитируют движения ног и рук человечка. Порядок размещения светодиодов на плате иллюстрирует **рис. 3**. Так, если на входе "левая нога" (ЛН) низкий уровень, включён светодиод HL10 (левая нога фигурки подогнута). При наличии высокого уровня загорается светодиод HL9 — нога распрямляется. Возможные варианты поз фигурки человечка показаны на **рис. 4**, в данном варианте индикатора их всего 16.

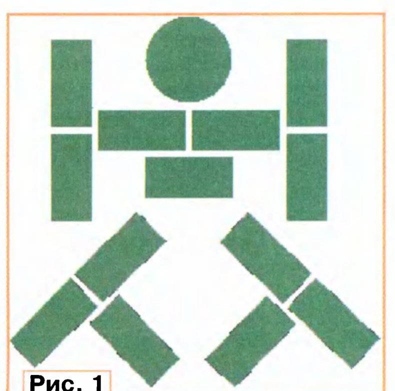


Рис. 1

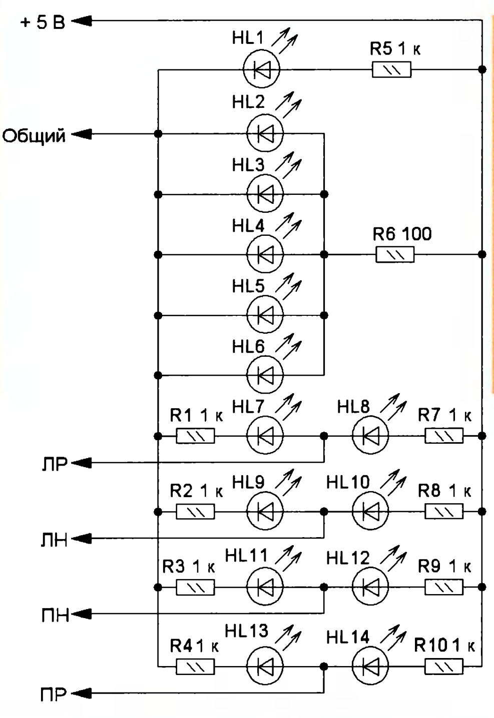


Рис. 2

Рис. 3

Схема всего устройства показана на **рис. 5**. На транзисторах VT1 и VT2 собран акустический датчик. Каскад на транзисторе VT1 усиливает сигнал, поступающий с микрофона, транзистор VT2 — своего рода ключ, который переключается при изменении сигнала и включает индикаторный светодиод HL1, который помогает визуально контролировать работу датчика. Резистор R4 (можно установить переменный) позволяет регулировать чувствительность датчика. Правильно налаженный режим даёт возможность управлять индикатором с расстояния в 7...10 м. В момент щелчка или громкого звука светодиод HL1 должен вспыхивать. Изменения напряжения на коллекторе транзистора VT2 отслеживает аналоговый вход A0 платы модуля Arduino Uno. Когда напряжение резко уменьшается (при хлопке), программа переключает позы человечка.

Если на микрофон подавать громкие ритмичные звуки музыки, человечек начнёт "танцевать" под музыку, витиевато выбирая движения. Управляет им небольшая программа, записанная в модуль Arduino Uno. Он постоянно контролирует напряжение на входе A0. Когда напряжение на нём уменьшается до 3 В, происходит произвольная смена поз человечка. Далее она фиксируется до нового громкого звука, но на время не менее 0,3 с.

Исходный текст программы (который называют скетчем) приведён в **таблице**.

Строки, которые начинаются с символа //, являются авторскими комментариями для лучшего понимания работы программы. При компиляции (преобразовании в машинный код) эта часть текста игнорируется. Все команды должны заканчиваться точкой с запятой, если их нет, при компиляции получим сообщение об ошибке.

Команда **unsigned int** в первой строке указывает на тип переменной. В данном случае имя переменной — **x**, и вначале ей присваивается значение 0. Когда в программе встретится строка с переменной **x**, будет использовано значение, указанное ранее. В начале любой программы желательно объявить все переменные и указать их начальные значения.

Void setup() — обязательный атрибут любого скетча. Это функция вызывается один раз, когда стартует скетч, после каждой подачи питания или сброса. Используется для инициализации

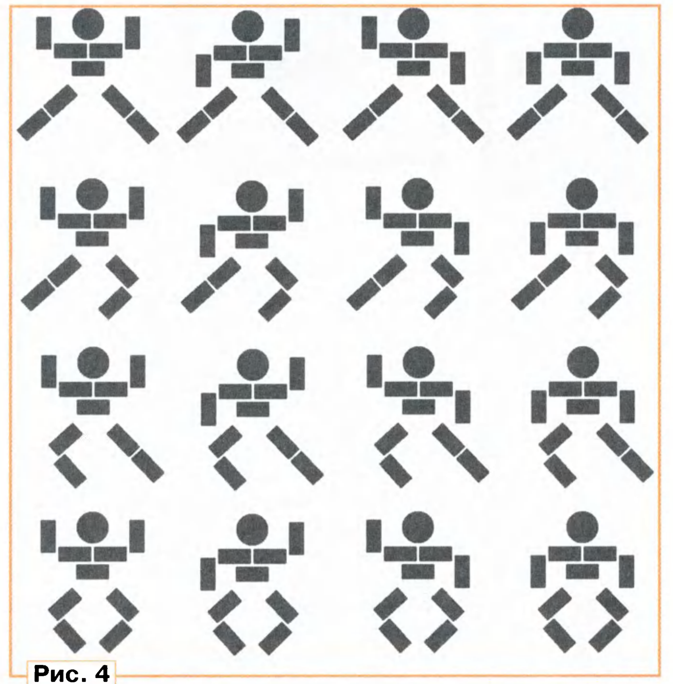


Рис. 4

```
        pinMode(6, OUTPUT); //канал сигнала для левой руки /
        digitalWrite(6,LOW);
        pinMode(7, OUTPUT); //канал сигнала для правой руки /
        digitalWrite(7,LOW);
        pinMode(8, OUTPUT); //канал сигнала для левой ноги /
        digitalWrite(8,LOW);
        pinMode(9, OUTPUT); //канал сигнала для правой ноги /
        digitalWrite(9,LOW);

      pinMode(A0, INPUT); // подключение датчика/
  }
      void loop()
    {
 x=analogRead(A0);
if (x<=650)//если звуковой сигнал получен...
{
  digitalWrite(6,random (0,2));//псевдослучайно меняем логическое состояние выходов...
  digitalWrite(7,random (0,2));
  digitalWrite(8,random (0,2));
  digitalWrite(9,random (0,2));
  delay(300);
  }
        }
// Конец /
```

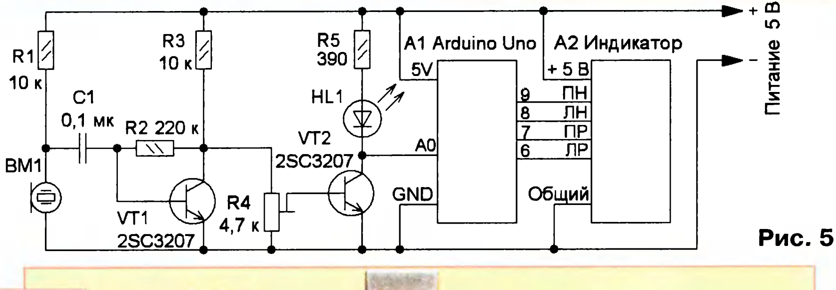


Рис. 5

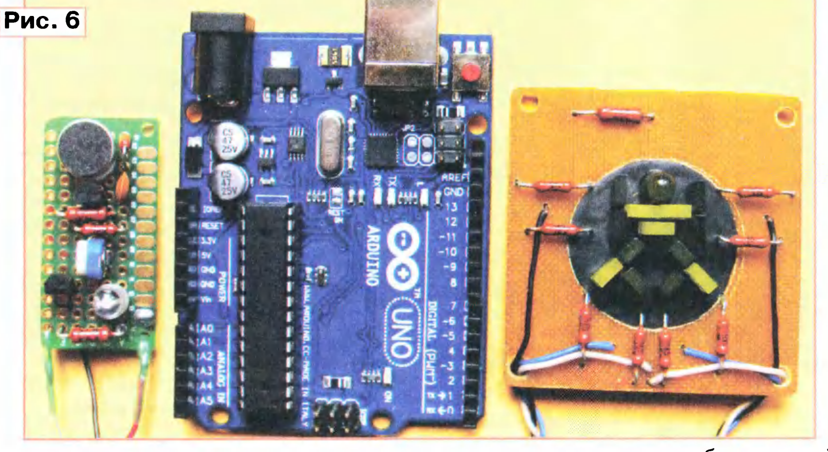


Рис. 6

переменных, определения режимов работы выводов, запуска используемых библиотек и т. д.

PinMode(6, OUTPUT); — для инициализации выводов, которые мы будем использовать как вход (INPUT) или выход (OUTPUT).Функция имеет два аргумента: номер вывода, который мы будем использовать (в данном случае это вывод 6), и его статус — вход, выход. То есть эта команда присваивает выводу 6 статус выхода.

DigitalWrite(6, LOW); — задаёт состояние выхода (в данном случае вывода 6). Есть два основных состояния: одно — это HIGH, на выходе будет 5 В (логическая 1); другое — LOW, на выходе будет 0 В (логический 0). Поэтому, чтобы зажечь светодиод HL8, на этом выводе должен быть низкий уровень.

Void loop() — фактически это тело самой программы, которая будет выполняться бесконечно по кругу, пока мы не выключим питание.

В строке **x=analogRead(A0);** — переменной **x** присваивается значение в интервале чисел 0—1023, соответствующее напряжению на аналоговом входе A0 (от 0 до 5 В).

В строке **if (x<=650)** происходит сравнение значения переменной **x** с фиксированным значением 650. Если выполняется заданное условие **x** ≤ 650, которое наступает при громких звуках, программа выполняет команды, заключённые ниже в фигурных скобках. В данном случае это команда **random (0,2)** — генерация случайных чисел 0 или 1. Число 2 — граничное и поэтому в диапазон значений не входит. Так на выходах 6—9 по случайному закону будут сменяться логические уровни сигнала.

Кроме точки с запятой, большое значение в правописании программ имеют скобки **{ и }**. Они должны строго попарно существовать в тексте программы, ограничивая определённые её фрагменты, например, внутреннее тело цикла. Проще говоря, число открытых и закрытых скобок должно совпадать.

И наконец, **delay(300);** — задержка. Служит для остановки работы программы на заданный временной интервал (в миллисекундах). При этом состояния выходов (т. е. поза человечка) не изменяются.

Элементы индикатора размещены на макетной квадратной плате со стороной 50...60 мм, для её изготовления можно применить гетинакс, текстолит или другой диэлектрический материал. Для выводов элементов сверлят отверстия и используют проводной монтаж с помощью отрезков изолированного провода. Чтобы исключить взаимное засвечивание светодиодов, их боковую поверхность надо закрасить чёрной краской. Само основание платы под фигуркой также можно покрыть слоем краски. Для монтажа элементов акустического датчика применён отрезок макетной платы с металлизированными отверстиями. Все узлы устройства показаны на **рис. 6**.

Можно применить практически любые маломощные транзисторы структуры n-p-n с коэффициентом передачи тока базы не менее 50. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23, подстроечный — любой малогабаритный, конденсатор — К10-17, К73. Светодиоды — маломощные с соответствующей формой корпуса и, конечно, одинакового цвета. Питать устройство можно от стабилизированного зарядного устройства сотового телефона или компьютера через USB-разъём. Все узлы можно разместить внутри пластикового контейнера подходящего размера, для микрофона надо сделать отверстие.

Номиналы резисторов в индикаторе (0,2...2 кОм) можно подобрать экспериментально, по желаемой яркости свечения светодиодов. Но не следует забывать, что максимальный выходной ток выходов Arduino — 40 мА. В программе можно изменить значение констант, задающие порог (650) и задержку (300). Соединив платы вместе, согласно схеме, и подключив Arduino к компьютеру, можно загружать программу, используя соответствующую среду разработки Arduino IDE.

__От редакции__. Программа для Arduino и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу __ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/07/chelovek.zip__ на нашем FTP-сервере.

Итоги YL-OM CONTEST 2017

Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

В любительской радиосвязи на коротких волнах представительниц прекрасного пола всегда было немного. Поэтому, наверное, первые соревнования с их участием в нашей стране прошли только незадолго до Великой Отечественной войны — в марте 1941 г.

Потом была война, а в 1955 г. журнал "Радио" провёл первые послевоенные соревнования женщин-коротковолновиков на призы журнала. Они явно были успешными, и мы проводили их ещё несколько лет до тех пор, пока "организаторы радиолюбительского движения" в стране не отобрали их у журнала и не переделали во всесоюзные соревнования на кубок Е. Стемпковской. Но это всё в далёком прошлом... А уже в новой России наш журнал вернулся к старой идее и стал ежегодно проводить в марте YL-OM CONTEST. Участниц в них не так уж много, но эти соревнования поддерживают интерес у представительниц прекрасного пола к нашему увлечению.



Участницы соревнований из г. Орска (слева направо) — стоят Елена Алиева (R9SBP) и Екатерина Байбулатова (R9SBO), сидят Екатерина Мананникова (UB8SEE), Ксения Цепкова и Ксения Полухина (UB8SED).

В соревнованиях этого года в группе "YL радиостанций с одним оператором" лучшей была Нина Баннова (RK3VA) из г. Владимира. На второе место в этой группе вышла Светлана Тельминова (оператор UA0AXX) из села Богучаны Красноярского края, а на третье — Дарья Екимова (оператор RZ9UWZ) из посёлка Каз Кемеровской области. Надо отметить, что разрыв по результатам между ними был минимальный (всего по две связи!).

В группе "YL радиостанций с несколькими операторами" первые два места у команд, составленных из воспитанниц Орской Станции юных техников Оренбургской области. На первом месте — команда радиостанции RK8T, в которую входили Екатерина Байбулатова (R9SBO) и Елена Алиева (R9SBP), а на втором — команда радиостанции RO9T в составе Екатерины Мананниковой (UB8SEE), Ксении Полухиной (UB8SED) и Ксении Цепковой. Третье место в этой группе заняла команда радиостанции RK3PWR из посёлка Спиценский Тульской области. Её операторами были Елизавета Полищук, Анастасия Полищук и Вера Оськина.

Хорошую поддержку женским группам участниц оказали мужчины — их было (по присланным отчётам) более 60 спортсменов. В группе "OM один оператор" наиболее активным был Николай Орехов (RL4A) из села Ольховка Волгоградской области. А в группе "OM несколько операторов" хорошо выступил коллектив радиостанции R0AK (операторы R0AK, R0AAT и UB0ACN) из г. Ачинска Красноярского края.

Памятными плакетками журнала "Радио" отмечены RK3VA и команда RK8T. Все YL и лидеры в группе OM получат памятные контест-дипломы.

Мы благодарим всех, кто принял участие в этих соревнованиях и прислал отчёт. Отдельное спасибо OM, которые своим участием в них поддержали YL!

Результаты всех участников этих соревнований по зачётным группам приведены в **таблице** (место, позывной, результат).

SINGLE-OP YL

1	RK3VA	68
2	UA0AXX	66
3	RZ9UWZ	64
4	EW7L	58
5	RU3XY	57
6	R9SXX	49
7	RD3QG	44
8	R1LN	44
9	RL9W	35
10	RA1AGN	19
11	R0AFF	10

MULTI-OP YL

1	RK8T	86
2	RO9T	72
3	RK3PWR	64
4	UN8LWZ	59
5	UD3D	51
6	RM3X	51
7	RK9CYA	50
8	R6CF	49
9	RK0AZC	48
10	RK1QWX	30
11	RO9W	23
12	RZ3DZI	21
13	R3MAI	16
14	RK3SAI	16
15	RM0C	13

SINGLE-OP OM

1	RL4A	41
2	RM4HZ	28
3	RZ8U	25
4	RA4DR	24
5	UA1CUR	23
6	R8US	23
7	RN4SC	22
8	UA9SMU	21
9	RA9DZ	20
10	RZ9UF	19
11	RU9TN	19
12	RU3VQ	18
13	RK3SWS	17
14	UN8PT	17
15	RW3AI	16
16	RC9A	16
17	YL2CV	15
18	RA3XCZ	15
19	UA9SEC	14
20	RK3NWA	14
21	R3OR	14
22	UA9R	13
23	UA3VLO	13
24	RJ3F	13
25	EU6AA	12
26	RA0WHE	12
27	RA3BU	12
28	RX3VF	12
29	RA0UJ	11
30	EW8C	11
31	RW9MZ	10
32	RA3VFF	10
33	UC5D	10
34	R4YY	10
35	RT2H	9
36	RA3ZRN	9
37	RV6ACC	9
38	RW3X	9
39	R2GB	8
40	UA6ART	8
41	R3LC	8
42	UA6HFI	7
43	R1BCM	7
44	R9LM	7
45	RA0UBI	7
46	RV3MR	7
47	R9QQ	7
48	R1ND	7
49	US4IPC	7
50	UA3DLD	6
51	RA0AY	6
52	R8WO	6
53	RW3VM	5
54	RA9YRQ	5
55	RW0UM	5
56	RN3FY	3
57	R2EL	3
58	RK9AK	3
59	RA3DQP	2
60	UA3DER	2
61	RZ9OW	1
62	4Z5KZ	1

MULTI-OP OM

1	R0AK	27
2	RK3DXW	9

SWL

1	SP4-208	6

CHECKLOG

UA1AJ, R0RG

КВ-усилитель мощности на IRF520

Николай МЯСНИКОВ (UA3DJG), г. Раменское Московской обл.

Предлагаемая конструкция — один из вариантов использования дешёвых полевых транзисторов в любительском коротковолновом усилителе. Конечно, по своему прямому назначению (переключатели, регуляторы, ИБП и тому подобное) эти элементы вроде бы не должны использоваться в линейных усилителях. Тем не менее, как показывает практика, они работают и работают очень неплохо! Достаточно представить себе два варианта, когда при настройке аппарата в любительских условиях щуп "слетает" на соседнюю дорожку. Вы лишаетесь дорогого элемента стоимостью, скажем, в 1000 руб. или дешёвого — в 50 руб. Как говорят в рекламных роликах, "Почувствуйте разницу...!". В этом есть, пожалуй, основная причина интереса к усилителям на транзисторах серии IRF в радиолюбительской среде. При этом вряд ли корректно сравнивать транзисторы серии IRFxx по частотным, линейным, динамическим характеристикам с полупроводниковыми приборами, специально предназначенными для линейных усилителей в широком диапазоне частот (по понятным причинам).

Как-то в руки автора попал новый итальянский Си-Би усилитель "KL-60" (27 МГц, 60 Вт) в красивом малогабаритном корпусе-теплоотводе размерами 110×110×40 мм. При испытании оказалось, что больше 30...35 Вт усилитель "выдать" не может. А после его "несанкционированной" проверки на других диапазонах он попросту сгорел. Не пропадать же добру, решил я и сделал в его корпусе усилитель на все любительские КВ-диапазоны с выходной мощностью 50 Вт и с диапазонными ФНЧ. Для его раскачки достаточно мощности 5 Вт моего "походного" трансивера Elecraft KX3. Кроме работы "из полей", мощность в 50 Вт показалась минимально достаточной для раскачки ламповых усилителей при работе в соревнованиях. Таким образом, такой уровень мощности предполагал двойное назначение этого "девайса": усиление в 10 дБ в походном варианте при малых массе, габаритах и питании от относительно "скромной" аккумуляторной батареи (максимальный ток на передачу — трансивер плюс усилитель примерно 10 А при напряжении 13,8 В), а также возможность использования с ламповым PA. Это дало дополнительный стимул для его изготовления, так как более мощные PA у меня уже были.

Забегая вперёд, хочу сказать, что совсем не обязательно "впихивать" конструкцию в корпус столь малых размеров, так как достаточно плотный монтаж — единственное неудобство, с которым пришлось столкнуться при его изготовлении. Вполне возможно применить корпус с теплоотводом чуть больших размеров для более свободного монтажа. При этом, естественно, теплоотвод должен обеспечивать эффективную рассеиваемую мощность 50 Вт без принудительного обдува и в несколько раз меньшую при использовании небольшого компьютерного кулера на напряжение 12 В (в зависимости от его производительности). Усилитель собран по классической двухтактной схеме на двух транзисторах IRF520.

Рассмотрим работу усилителя мощности, схема которого приведена на **рис. 1**. Когда питание на усилитель не подано (переключатель SA1 разомкнут), входной разъём XW1 через контакты реле K5.1 и K5.2 соединён с выходным разъёмом XW2 и усилитель находится в режиме "обход". Конденсатор C40 улучшает "проходной" КСВ усилителя, особенно на ВЧ-диапазонах. При включении питания каскад автоматического перехода на передачу (ВЧ VOX), выполненный на элементах VT7, VT8, VD13, VD14 и реле K5, готов к работе. Как только на входном разъёме появится сигнал мощностью 0,1 Вт и более, сработает реле K5 и усилитель перейдёт в режим "передача", загорится светодиод HL6 "TX". При этом входной сигнал через контакты реле K5.1 поступит на первичную обмотку трансформатора T1, а вторая группа контактов реле K5.2 соединит выход усилителя (выход ФНЧ) с выходным разъёмом XW2.

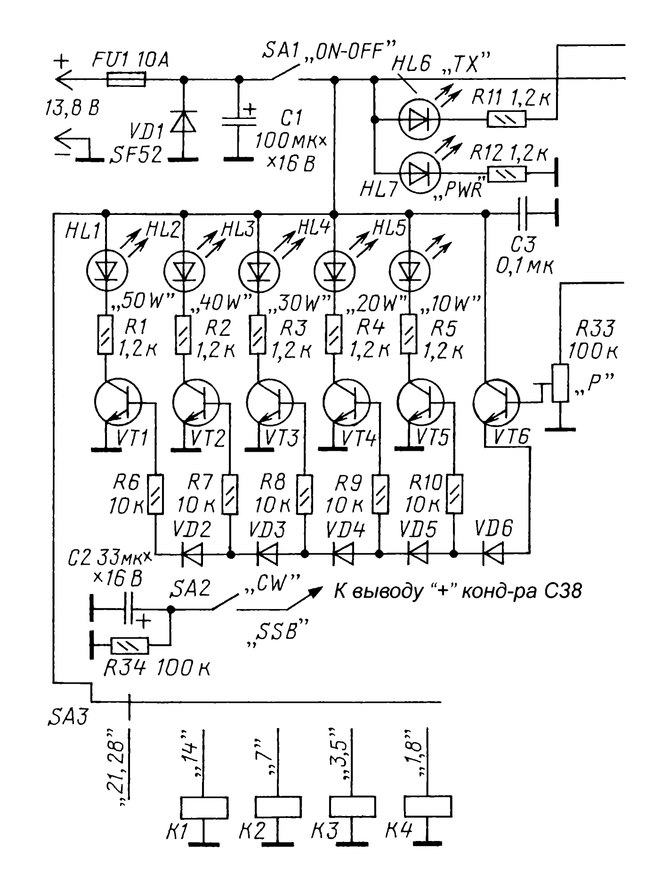


Рис. 1

Время отпускания ВЧ VOX и, соответственно, время перехода усилителя в режим "приём" зависит от ёмкости конденсатора C38. Поэтому в режиме SSB желательно это время увеличить, чтобы в паузах быстро меняющегося голосового сигнала усилитель не переходил в режим "приём". Для этого переключателем SA2 параллельно C38 подключается конденсатор C2 с разрядным резистором R34.

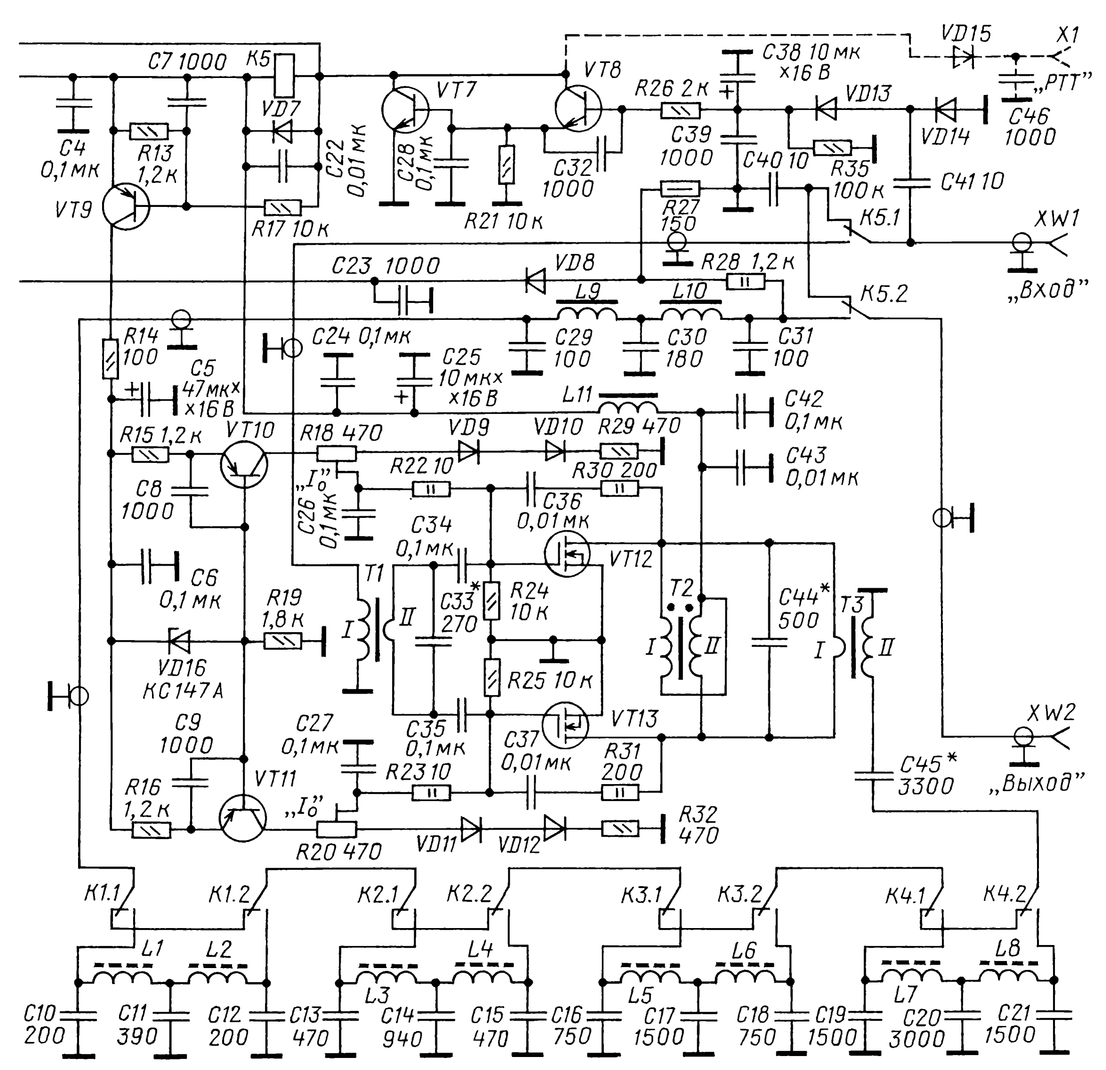
Способ перевода усилителя на передачу с помощью ВЧ VOX имеет недостаток, связанный с некоторой задержкой из-за зарядки конденсато-

ров задержки. При этом трансивер во время переключения некоторое время находится без нагрузки. Обычно, к каким-то негативным последствиям этот эффект не приводит, но если необходимо, усилитель можно коммутировать стандартным способом — сигналом PTT от трансивера (соединение контакта X1 с общим проводом в режиме "передача"). Для этого служат показанные пунктиром элементы VD15, C46, X1. Если использование ВЧ VOX не предусматривается, детали, входящие в этот каскад, можно не впаивать.

Ключевой каскад на транзисторе VT9 служит для подачи напряжения качестве K5 применить более "медленное" реле с временем переключения 6...7 мс (стандартное время срабатывания для большинства реле), ёмкость конденсатора C5 следует увеличить до 100 мкФ.

Ток покоя каждого из транзисторов VT12, VT13 — 125 мА и поддерживается на этом уровне эффективной и при этом очень простой системой термостабилизации на элементах VT10, VT11, VD9—VD12, заимствованной из усилителя конструкции W6JL. Диоды VD9, VD10 должны быть закреплены сверху на корпусе транзистора VT12, а диоды VD11, VD12 — на корпусе VT13. W6JL советует приклеить диоды

Транзисторы VT10, VT11 не должны иметь непосредственного контакта с теплоотводом и крепяться на некотором расстоянии от него за счёт своих выводов. Подстроечными резисторами R18 и R20 устанавливают ток покоя VT12 и VT13, при этом напряжение на их затворах регулируется в пределах +3...4,8 В. Чтобы сдвинуть этот сектор в любую сторону, нужно изменить сопротивление резисторов R15 или R16 соответственно. Это может оказаться необходимым в случае применения выходных транзисторов с другими параметрами, однако большинство полевых транзисторов начинают открываться при напряжении затвор—



смещения на выходные транзисторы в режиме "передача". На его выходе установлена цепь R14, C5, которая обеспечивает задержку около 5 мс подачи смещения на затворы транзисторов VT12, VT13, что облегчает работу контактов реле K5.2, подключающих антенну к выходу усилителя. ВЧ-сигнал появится на этих контактах чуть позже, чем сработает реле K5, из-за того, что время замыкания последних составляет 3...4 мс, а время задержки подачи смещения около 5 мс. Если в

к корпусам транзисторов, но я ограничился подгибанием выводов диодов и резисторов (R29, R32), чтобы диоды практически лежали на корпусах, так как не исключал возможность замены выходных транзисторов, связанной с выходом последних из строя. Но этого не произошло, и диоды по-прежнему "лежат" на корпусах. Даже при сильном нагреве теплоотвода усилителя ток покоя каждого транзистора находится в пределах 100...150 мА.

исток 3,3...3,8 В. Показателем стабильности выходного напряжения является тот факт, что при изменении питающего напряжения от 9 до 13 В выходное напряжение смещения изменяется не более чем на 0,03 В! Стабилитрон КС147А (VD16) лучше заменить малогабаритным импортным стабилитроном на 4,7 В.

Для снижения уровня гармоник до приемлемого уровня на выходе усилителя установлены переключаемые ФНЧ. Причём ФНЧ диапазона 28 МГц

включён в тракт усилителя на всех диапазонах, что дополнительно улучшает чистоту спектра сигнала на частотах выше 35 МГц при работе на диапазонах 1,8...14 МГц и позволяет уменьшить число необходимых реле. Так как частота среза у ФНЧ диапазона 14 МГц находится в районе 19,5 МГц, то это даёт возможность использовать его и на диапазоне 18 МГц, а ФНЧ 28 МГц (измеренная частота среза — около 34,4 МГц) — на диапазоне 24 МГц. Можно, конечно, построить блок ФНЧ с оптимальным числом фильтров, но для "походного" PA вряд ли это необходимо.

Часть выходного напряжения усилителя с резистивного делителя R27R28, имеющего ослабление около 10 по напряжению, выпрямляется диодом VD8 и поступает на вход пятиступенчатого светодиодного индикатора, собранного по известной схеме на транзисторных ключах. Индикатор позволяет оценить выходную мощность усилителя в пределах 10...50 Вт. Диод VD1 и плавкая вставка FU1 служат защитой в случае подачи питания в неправильной полярности. Диод может быть любым с прямым током 5...10 А. Из-за нехватки свободного места плавкая вставка FU1 впаяна вне корпуса усилителя — в плюсовой провод питания.

Большая часть деталей усилителя смонтирована на плате из фольгированного стеклотекстолита. Монтаж выполнен навесным способом на площадках (пятачках), вырезанных по месту расположения элементов резаком, изготовленным из ножовочного полотна. Светодиодный индикатор собран на элементах для поверхностного монтажа на аналогичной плате размерами 26×21 мм.

Плата собственно усилителя установлена в центре корпуса, а реле K1—K5 приклеены к стенкам корпуса по периметру платы. Реле K5 установлено сразу за разъёмом XW1, а реле K1—K4 — вдоль боковой стенки за разъёмом XW2. Детали ФНЧ смонтированы навесным способом на выводах контактов реле, а затем приклеены клеем БФ к корпусам реле и шасси (корпусу-теплоотводу). Также навесным способом смонтированы элементы R27, R28, R30, R31, C36, C37, VD8.

Намоточные данные катушек ФНЧ приведены в **табл. 1**. Витки на кольцах нужно стараться распределять так, чтобы максимально заполнить их периметр. Данные трансформаторов T1—T3 приведены в **табл. 2**. От качества их изготовления во многом зависит АЧХ усилителя. Однако это не означает, что нужно обязательно применять только такие магнитопроводы, как показано на **рис. 2**. "Бинокли" трансформаторов T1 и T3 вполне можно заменить столбиками из колец с магнитной проницаемостью 600... 1000 и диаметром 10...12 мм (методика изготовления многократно описана). Трансформатор T2 можно выполнить на любом схожем по габаритам кольце с проницаемостью 100...600. Дроссель L11 — 8 витков проводом ПЭВ-2 0,8 на кольцевом магнитопроводе диаметром 10 мм с магнитной проницаемостью 600...2000 (не критично). Реле K1—K5 — производства компании TIANBO HJR-1-2C-L-12V с двумя группами переключаемых контактов. Параллельно обмоткам реле K1—K4 подключены конденсаторы и диоды (на схеме рис. 1 они не показаны) по аналогии с обмоткой реле K5.

Все ВЧ-соединения выполнены короткими отрезками провода МГТФ-0,5 мм, но там, где длина соединительных проводов превышает 2...3 см, применён кабель RG-316 с волновым сопротивлением 50 Ом. Переключатель диапазонов SA3 — МПН-1 или ПГ2. Внешний вид усилителя и его монтаж показаны на **рис. 3** и **рис. 4**.

Налаживание усилителя лучше начать с проверки проходного КСВ. К разъёму XW2 нужно подключить нагрузку 50 Вт с низким КСВ в диапазоне 1,8...30 МГц, а к XW1 — трансивер с измерителем КСВ (или анализатор КСВ). Настройка заключается в подборе ёмкости конденсатора C40 до минимальных значений КСВ на диапазоне 28 МГц. Питание на усилитель подавать не надо. Настройку можно считать законченной, когда КСВ нагрузки и КСВ нагрузки, включённой через усилитель, примерно одинаковы.

Прежде чем подать на усилитель питание, измеряют сопротивление между проводами питания (SA1 включён). Если замыкание отсутствует, то питание 13,8 В можно подать на

Таблица 1

Обозначение на схеме	Диапазон, МГц	Магнитопровод	Число витков	Провод
L7, L8	1,8	T50-2	29	ПЭВ-2 0,56
L5, L6	3,5	T50-2	22	
L3, L4	7	T50-2	15	
L1, L2	14	T50-6	12	
L9, L10	21...28	T50-6	9	

Таблица 2

Обозначение на схеме	Обмотка	Число витков	Провод	Тип намотки
T1	I	4	МГТФ 0,5	Обмотка II намотана в два провода
	II	2		
T2	I	8	ПЭВ-2 0,8	Намотка бифилярная. Конец первой обмотки соединён с началом второй
	II	8		
T3	I	1	Две трубки из медной фольги, соединённые с одной стороны перемычкой	
	II	3	МГТФ 0,75	Намотана внутри обмотки I

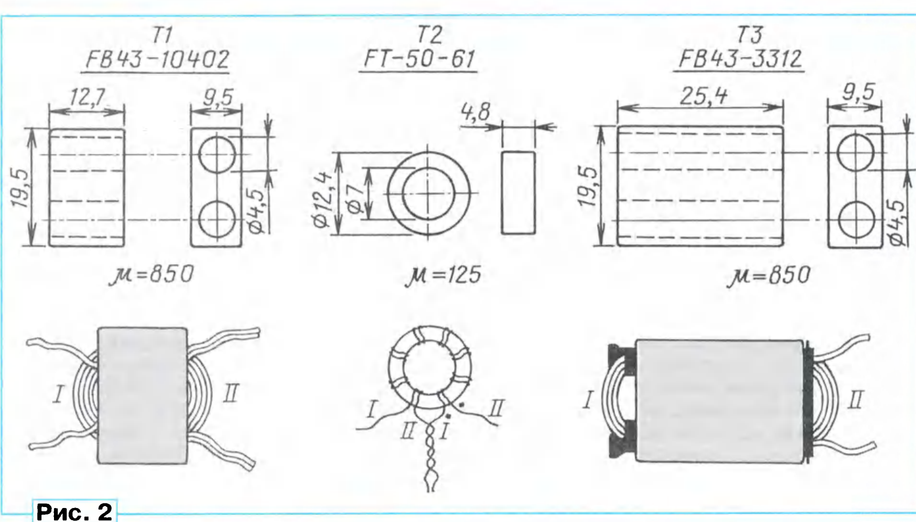


Рис. 2

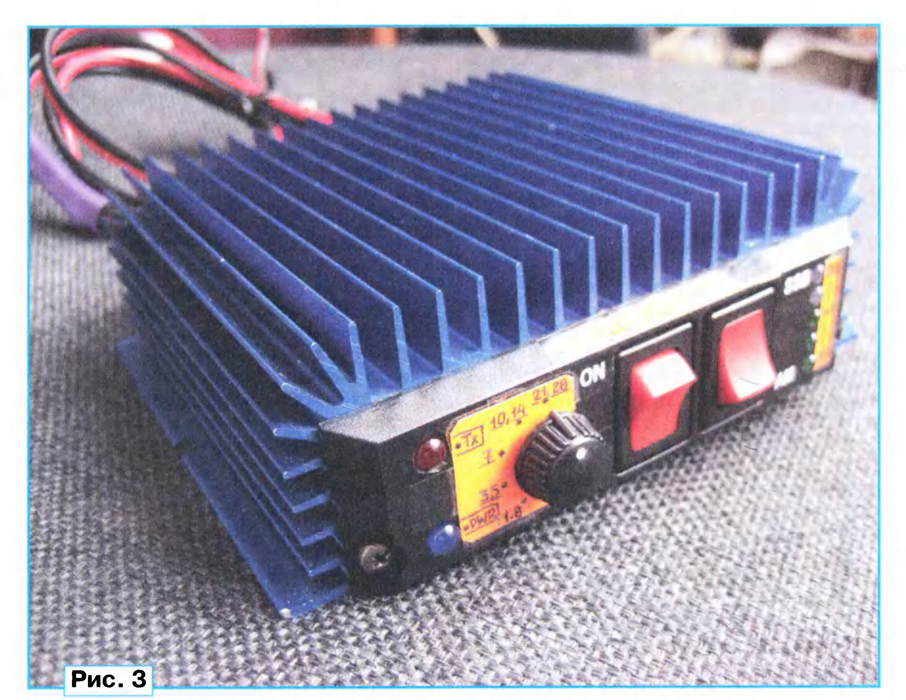
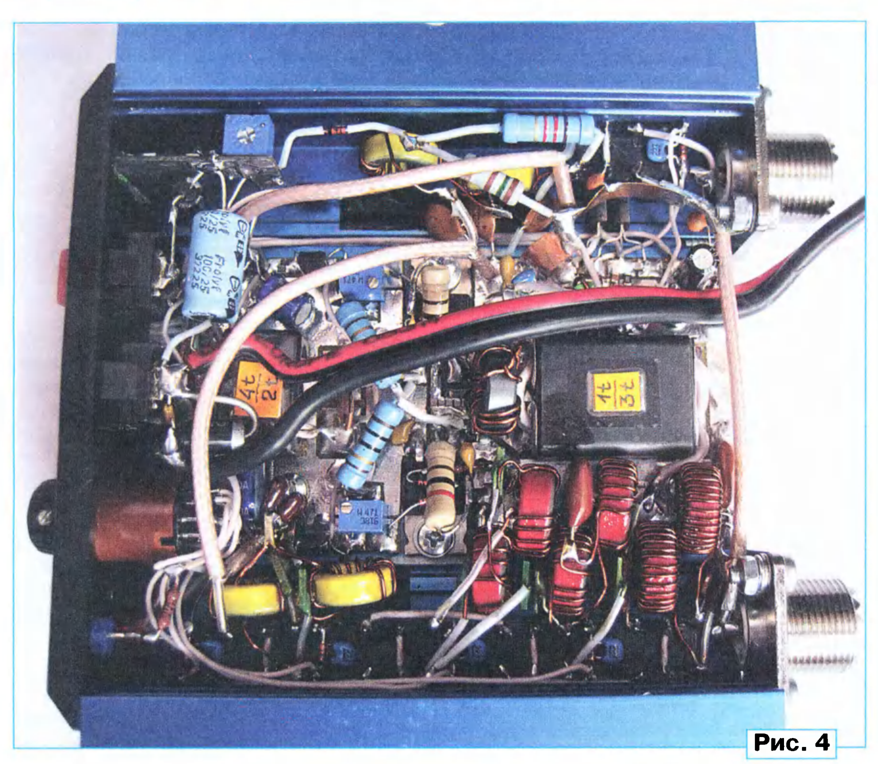


Рис. 3


Рис. 4

усилитель, но вначале лучше это делать через резистор 10...15 Ом (мощностью рассеяния 10...15 Вт), включённый в плюсовой провод источника питания, так как напряжение открывания применённых транзисторов IRF520 неизвестно, а соответствующее необходимому току покоя смещение ещё не установлено. Этот резистор ограничит максимальный ток стоков на уровне около 1 А и защитит транзисторы от выхода из строя, если напряжение смещения превышает необходимое значение. Движки подстроечных резисторов R18 и R20 (установка токов покоя) предварительно устанавливают в правое по схеме положение, соответствующее минимальному уровню напряжения смещения. Подав питание, включают усилитель на передачу. Если цепь PTT не используется, это можно сделать, подключив точку соединения коллекторов транзисторов VT7, VT8 к общему проводу с помощью временной перемычки.

Контролируя миллиамперметром ток, потребляемый усилителем, подстроечными резисторами R18 и R20 устанавливают ток покоя транзистора VT12 (120...130 мА), а затем транзистора VT13. При этом нужно учитывать потребление тока светодиодами HL6, HL7 и реле. Если транзисторы VT12, VT13 закрываются и открываются, никаких проблем с установкой токов покоя быть не должно. Если же конкретные экземпляры IRF520 (или другого типа) имеют более "левые" или более "правые" характеристики, то придётся подобрать резисторы R15, R16 так, чтобы сдвинуть пределы регулировки смещения в нужную сторону. При указанных на схеме номиналах этих резисторов пределы регулировки должны быть 3...4,8 В. Если есть сомнения в том, что токи покоя установлены правильно и одинаковы, это легко проверить. Аккуратно соединяем с общим проводом затвор одного из транзисторов VT12 или VT13 и следим за током потребления. Если всё правильно, этот ток должен уменьшаться на 120...130 мА в каждом случае. На этом этапе настройки можно проверить температурную стабильность токов покоя. Для этого с помощью фена, электроплитки или мощного паяльника нагреваем теплоотвод усилителя до температуры 50...60 °С и следим за потребляемым током или током покоя. Он не должен измениться более чем на 30...50 мА. Если всё в порядке, первый этап настройки пройден.

Таблица 3

Диапазон, МГц	Выходная мощность, Вт	Потребляемый ток, А	Входной КСВ	КПД, %	Подавление гармоник, ≥дБ
1,8	54	7,2	1,2	56	60
3,5	55	7,7	1,2	53	58
7	49	7,4	1,3	49	56
14	44	6,7	1,2	49	58
21	36	6,5	1,2	41	45
28	33	5,6	1,4	44	55

В начале второго этапа желательно проверить работоспособность ФНЧ на всех диапазонах. Для этого снимают питание с выходных транзисторов, отпаяв, к примеру, один из выводов дросселя L11. Временно отключают нижний по схеме вывод конденсатора C45 от переключаемого контакта реле K4.2 и подают на этот контакт с помощью короткого кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом сигнал от КВ-трансивера (через КСВ-метр). Вместо трансивера с КСВ-метром можно с успехом применить мост или какой-нибудь анализатор КСВ, которых сейчас предостаточно. К выходному разъёму XW2 подключают нагрузку 50 Ом с низким КСВ в диапазоне 1...30 МГц. Подаём питание на усилитель, переводим его в режим "передача" и включаем соответствующий диапазон на трансивере и усилителе. Входной КСВ каждого фильтра не должен превышать 1,2...1,3, а потери сигнала в фильтре — не более 0,2...0,3 дБ. Потери можно примерно оценить, если нагрузка 50 Ом оснащена цифровым измерителем мощности, а выход трансивера попеременно подключается непосредственно к нагрузке и к входу ФНЧ. Со стрелочным прибором потери 0,2...0,3 дБ заметить крайне сложно. Если КСВ какого-то фильтра больше приведённого значения, то его можно подстроить подбором ёмкости среднего конденсатора фильтра (C11, C14, C17, C20, C30) в пределах ±10 %.

Подбирать "крайние" конденсаторы фильтров, как показывает практика, нужно лишь в крайних ситуациях, когда другие способы к положительному эффекту не приводят. В большинстве случаев достаточен подбор "среднего" конденсатора. Ещё один способ подстройки фильтров — метод небольшой растяжки или сжатия витков на кольцевых магнитопроводах катушек фильтров, но он менее удобен, если монтаж плотный.

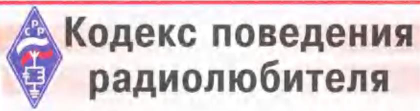
Итак, фильтры проверены и, в случае необходимости, настроены, теперь можно проверить усилитель в работе, восстановив разорванные цепи и убрав резистор из провода питания. Включаем диапазон 1,8 МГц и подаём на разъём XW1 сигнал мощностью 5 Вт. К выходному разъёму XW3 подключаем нагрузку 50 Ом и измеритель мощности или ВЧ-вольтметр. Если всё нормально, на выходе усилителя должна быть мощность около 50 Вт при потребляемом токе около 7 А. Подстроечным резистором R33 устанавливают порог зажигания всех светодиодов (HL1—HL5) индикатора мощности. Затем измеряют выходную мощность и ток потребления на других диапазонах.

На ВЧ-диапазонах, особенно на 28 МГц, большую роль играет правильный подбор конденсаторов C33 и C44. Подбор их кропотлив, но без него отдаваемая мощность и КПД усилителя на этих диапазонах, скорее всего, будут низкими. Для упрощения процедуры их настройки можно рекомендовать следующие действия. Установить конденсатор C33 (керамический, с короткими выводами) ёмкостью, указанной на схеме, а в качестве C44, на этом этапе, впаять конденсатор ёмкостью 100 пФ для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Включив усилитель на передачу на диапазоне 28 МГц (входная мощность 5 Вт), записываем выходную мощность, ток потребления и входной КСВ усилителя на этом диапазоне. Выключаем усилитель и подпаиваем параллельно C44 ещё один точно такой же конденсатор 100 пФ. Повторяем процедуру измерения и записываем показания. При увеличении ёмкости C44 до некоторого значения положительный рост параметров прекращается и начинается их спад. У автора оптимальная ёмкость C44 оказалась в районе 500 пФ (5 конденсаторов по 100 пФ, включённых параллельно).

Конденсатор C33, в отличие от C44, не обязательно должен быть для поверхностного монтажа. Здесь подойдёт любой малогабаритный керамический конденсатор с короткими выводами, поэтому подбор его в районе 200...500 пФ можно выполнить, удерживая последний пинцетом и прикасаясь выводами к площадкам платы. Критерии настройки те же, что и для C44. Конденсаторы C33 и C44 влияют и на входной КСВ усилителя, поэтому при их подборе рекомендуется записывать получившиеся параметры в таблицу, чтобы затем выбрать лучший вариант.

Окончательно измеренные параметры усилителя автора приведены в **табл. 3**. При входной мощности 5 Вт, из-за неизбежно быстрого падения усиления с повышением частоты транзисторов серии IRF, создаётся ситуация, когда на НЧ-диапазонах (1,8 и 3,5 МГц) имеется некоторая "перекачка", а на ВЧ-диапазонах (14...28 МГц) — "недокачка" усилителя. Поэтому, увеличив, к примеру, на диапазоне 28 МГц входную мощность до 8...9 Вт, усилитель отдаёт почти те же 50 Вт и на этом диапазоне. Напротив, на НЧ-диапазонах достаточно 2...3 Вт на входе, чтобы на выходе имелась мощность 50 Вт.

Но есть и одно ограничение. При входной мощности более 5 Вт сильно греются резисторы R22 и R23, на которых рассеивается значительная часть входной мощности. Поэтому мощность рассеяния этих резисторов нужно увеличивать. Также необходимо применить меры, чтобы на вход усилителя не попал сигнал более 10...15 Вт, что может привести к выходу из строя выходных транзисторов. Кстати, имеет смысл попробовать применить в усилителе транзисторы других типов из серии IRF — IRF630, IRF640, IRF740, IRF840, с установкой таких же значений тока покоя, как и для IRF520. Автор, экспериментируя с подобным усилителем, но на восьми IRF и с питанием 24 В, заметил, что замена транзисторов из имевшихся в наличии приводила к разным результатам по КПД и выходной мощности соответственно. Тогда лучшими по этим параметрам оказались IRF740. В данном усилителе такой подбор не производился, поэтому есть поле для творчества.



Кодекс поведения радиолюбителя

У многомиллионного радиолюбительского сообщества всего лишь один "стадион" — радиолюбительский эфир. И нормальные повседневная жизнь и развитие нашего хобби зависят от каждого из нас, от того как каждый его участник соблюдает некоторый набор правил — кодекс поведения радиолюбителя. Вот основные его позиции, опубликованные на сайте Союза радиолюбителей России.

Радиолюбитель должен быть:

ВНИМАТЕЛЬНЫМ. Он никогда не будет намеренно делать ничего, что могло бы испортить удовольствие другим.

ПРЕДАННЫМ. Он проявляет преданность, поддержку и лояльность другим любителям, местным клубам, обществам Международного союза радиолюбителей в своей стране, через которые радиолюбительство представлено на национальном и международном уровнях.

ДРУЖЕЛЮБНЫМ. Когда к нему обращаются, он действует отзывчиво и терпеливо. Он всегда предложит дружеский совет новичку и проконсультирует его. Радиолюбителя отличают готовность к сотрудничеству с другими людьми, стремление оказать им помощь и уважение их интересов.

ГАРМОНИЧНЫМ. Радиолюбительство — это хобби, оно никогда не создаёт помех выполнению каких-либо обязанностей (в семье, на работе, в школе, в обществе).

ПАТРИОТИЧНЫМ. Его навыки и умения, его радиостанция всегда готовы послужить стране и обществу.

Эти положения кодекса формируют правила работы в эфире. Главное среди них — это **ощущение единого сообщества, чувство братства, братский дух,** поскольку большое число радиолюбителей находятся одновременно на одних и тех же радиоволнах. Мы никогда не остаёмся одни. Все другие радиолюбители являются нашими коллегами, нашими братьями и сёстрами, нашими друзьями. Не забывайте об этом, и ведите себя соответствующим образом.

Это терпимость — не все радиолюбители обязательно должны разделять ваше мнение; соответственно и ваше мнение не всегда является самым правильным. Вы должны понимать, что существуют другие люди, имеющие разные мнения по какому-то вопросу, и что мир создан не только для вас одного.

Это вежливость — никогда не используйте грубых выражений или ругательных слов. Такое поведение ничего не говорит о человеке, кому адресованы эти слова, но многое говорит о том, кто ведёт себя таким образом. Всегда контролируйте своё поведение.

Это понимание — пожалуйста, поймите, что не все являются такими же профессионалами и экспертами и такими же умными, как вы. При возникающих конфликтах действуйте в положительном ключе ("Чем я могу вам помочь?", "Могу ли я вас поправить?"), а не в отрицательном (оскорбление, обругивание и т. п.).

РАДИО®
"РАДИО" — О СВЯЗИ
РАДИО № 7, 2017

Фазированная решётка для дальних связей на КВ

Владислав ЩЕРБАКОВ (RU3ARJ), Сергей ФИЛИППОВ (RW3ACQ), Юрий ЗОЛОТОВ (UA3HR), г. Москва

Вертикальный излучатель, о котором было рассказано в предыдущем номере журнала (Щербаков В., Филиппов С. "Изогнутый вертикальный диполь"), позволяет легко реализовать и направленную антенну (вертикальный MOXON), и даже фазированную решётку из двух антенн MOXON для дальних связей. Причём обе эти антенны (не требующие системы противовесов) весьма удобны для размещения на ограниченных по площади дачных участках, а также для радиолюбительских экспедиций.

Простота конструкции и малое место, необходимое для её размещения, делают задачу легко выполнимой. Эксперимент мы проводили на диапазоне 17 метров, поскольку исторически один вертикальный MOXON для этого диапазона у нас уже был изготовлен. Его расчётные характеристики: усиление — 4,4 дБи; задний лепесток подавлен более чем на 20 дБ; максимум излучения — под углом 17 градусов; чистая вертикальная поляризация излучения. И это при высоте нижнего края антенны всего 2 м над реальной землёй!

Для антенны MOXON и каждого из составных элементов стека потребуются диэлектрическая мачта высотой 8...10 м и две или лучше три диэлектрические распорки длиной 2,2 м (можно использовать деревянные рейки). Элементы изготавливают из любого медного провода диаметром 1...3 мм, голого или в изоляции.

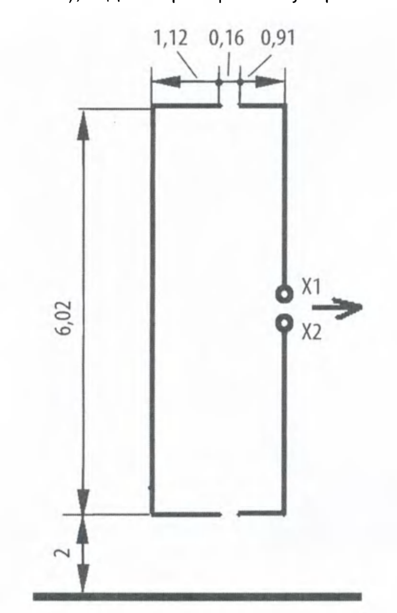
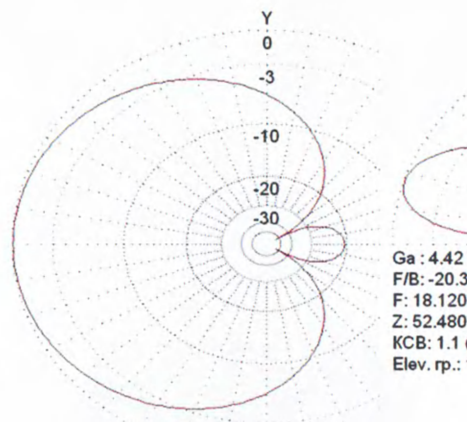


Рис. 1



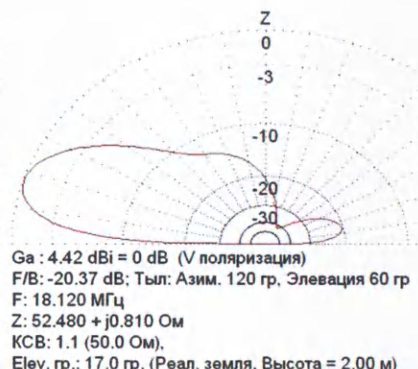


Рис. 2

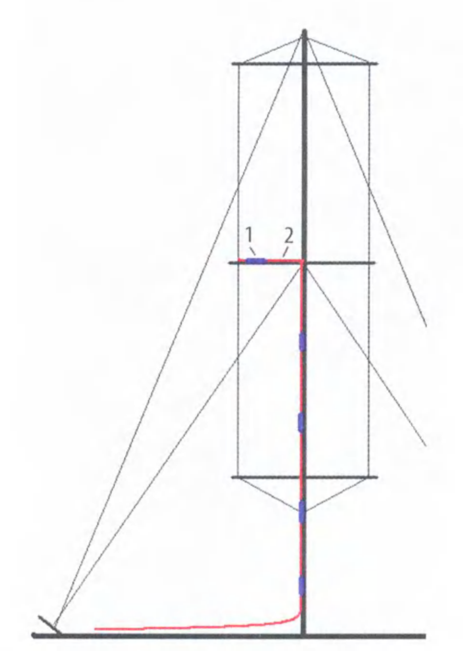
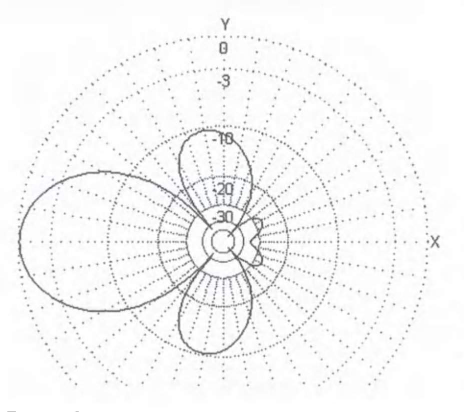


Рис. 3



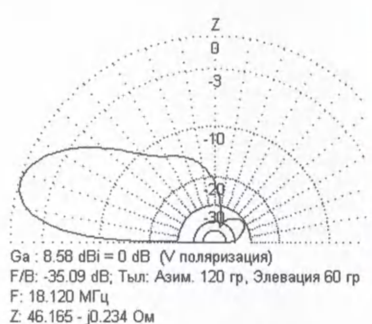


Рис. 4

Схематический чертёж для вертикального MOXON на диапазон 17 метров приведён на **рис. 1**. Размеры на нём даны в метрах, X1 и X2 — это точки подключения фидера. Диаграмма направленности этой антенны и другие её характеристики приведены на **рис. 2**. Хотя она и является неплохой направленной антенной с малым углом излучения, всё же имеет недостаточное усиление по сравнению с многоэлементными "волновыми каналами" или "квадратами". Поэтому у нас, естественно, возникло желание попробовать сделать фазированную решётку из двух таких антенн.

При эксперименте в качестве мачт мы использовали наборы стеклопластиковых труб общей высотой 10 м от фирмы RQuad, а в качестве распорок — пластиковые водопроводные трубы диаметром 20 мм. Элементы выполнялись из провода "полёвка", а оттяжки — из полипропиленового шнура диаметром 3 мм. Получилась конструкция, схематично изображённая на **рис. 3**.

Провод пропущен через отверстия возле концов распорок и закреплён на них с помощью липкой ленты или пластиковых хомутов. Чтобы распорки не прогибались под весом антенны, их концы закреплены леской. Для сохранения прямолинейности активного элемента, которую нарушает вес фидера, используется третья распорка на уровне середины элементов. Через отверстие в ней пропущен провод директора и закреплён на ней в точке подключения активного элемента к кабелю. Фидер (2 на рис. 3) идёт вдоль распорки до мачты и далее вниз по мачте. На него надеты ферритовые трубки или "защёлки" (1 на рис. 3) через каждые 2 м, исключающие влияние его излучения оплётки на характеристики антенны и одновременно симметрирующие токи питания. Антенна легко поднимается на заранее установленную мачту с роликом на вершине с помощью капронового шнура.

Диаграммы направленности горизонтального стека из двух таких антенн, рассчитанные с помощью программы MMANA, приведены на рис. 4. Наилучшие характеристики по усилению и по подавлению заднего лепестка получились при расстоянии между антеннами 0,7λ, т. е. 11,6 м.

Схема суммирования классическая. Поскольку каждая из антенн имеет входное сопротивление 50 Ом, используются кабели питания с волновым сопротивлением 75 Ом, электрической длиной 0,75λ (с учётом коэффициента укорочения кабеля). К концам кабелей входное сопротивление антенн трансформируется в 100 Ом. Поэтому их можно соединить параллельно с помощью тройника, а далее подключать фидер с волновым сопротивлением 50 Ом любой длины. Длина трансформирующих кабелей выбрана 0,75λ, поскольку при длине 0,25λ их длин не хватает, чтобы перекрыть расстояние между антеннами стека.

На изготовление второго экземпляра этой антенны нам потребовалось часа два. Мачты установили с разносом 11,6 м (ширины дачного участка хватило).

Настройку каждой из антенн производили отдельно, подключая их через кабель длиной полволны (с учётом коэффициента укорочения, конечно) и подрезая концы нижних отогнутых частей элементов. Для исключения ошибок в настройке необходимо обратить особое внимание на подавление синфазных токов в кабелях питания с помощью трубок ("дросселей"), надетых на кабель. Нам пришлось использовать до десяти ферритовых трубок, распределённых по длине кабеля 75 Ом, прежде чем результаты стабилизировались. Эти "дроссели" должны быть на трансформирующих кабелях, соединённых тройником. На фидер, соединяющий тройник с трансивером, дроссели надевать необязательно. При отсутствии ферритов можно дроссели заменить несколькими витками кабеля, собранными в бухту диаметром 15...20 см, расположив их вблизи точек питания антенн и около тройника. Для улучшения работы антенн практически всю свободную длину трансформирующих кабелей можно собрать в бухты "дросселей".

После соединения двух вертикальных антенн MOXON в решётку резонансная частота уходит вверх примерно на 500 кГц, а КСВ на центральной частоте становится равным 1,4.

Корректировать резонанс системы, подстраивая MOXON, нельзя, поскольку при этом "разваливается" диаграмма направленности. Наиболее простые способы согласования системы: либо включение катушек с индуктивностью 0,2 мкГн последовательно с входами обеих антенн, либо одного конденсатора 400...550 пФ (подобрать ёмкость по минимуму КСВ на центральной частоте) последовательно с входом тройника со стороны фидера. При этом полоса пропускания антенны по уровню КСВ <1,2 получается около 200 кГц.

Вот основные характеристики этого стека при высоте нижнего края антенн 2 м над реальной землёй:

Усиление, дБи (дБд) 8,58 (6,43)
Угол элевации, град. 17
Подавление задних лепестков, дБ . . . .>25
КСВ в рабочем диапазоне . . . .< 1,2



Рис. 5

Наличие боковых лепестков с подавлением 10 дБ относительно главного не является, как нам кажется, серьёзным недостатком, поскольку позволяет слышать станции и за пределами узкого главного лепестка, не поворачивая антенны.

Нам неизвестны иные конструкции антенн, обладающие столь высокими параметрами при такой конструктивной простоте.

Разумеется, эта фазированная решётка стационарна и должна устанавливаться в направлении DX, наиболее интересующих оператора (на запад, например). Повернуть затем её диаграмму на восток будет нетрудно: для этого нужно опустить антенны, развернуть их на 180 градусов и снова поднять на мачты. У нас эта операция после некоторой тренировки занимала не более пяти минут. Фото экспериментальной антенны приведено на **рис. 5**.



Получатель ЗАО «Журнал «Радио»
ИНН 7708023424, р/с 40702810438090103159,
ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Цена одного номера журнала 2017 г. (с 7-го по 12-й номер) при покупке в редакции — 200 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 1700 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 2300 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 1722 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 2400 руб..

В редакции можно приобрести журналы "Радио"

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2013	1—12	50 руб.	110 руб.	240 руб.
2014	1—12	70 руб.	130 руб.	260 руб.
2015	1—12	90 руб.	150 руб.	280 руб.
2016	1—6	150 руб.	220 руб.	320 руб.
2016	7—12	165 руб.	235 руб.	335 руб.
2017	1—6	185 руб.	255 руб.	355 руб.
2017	7—12	200 руб.	285 руб.	385 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложенным платежом редакция журналы и наборы не высылает!

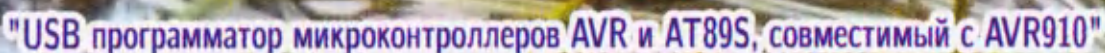
Подписные индексы журнала по каталогам: Каталог Агентства РОСПЕЧАТЬ 70772; Объединённый каталог "Пресса России" 89032; Каталог российской прессы "Почта России" 61972.

НАБОРЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

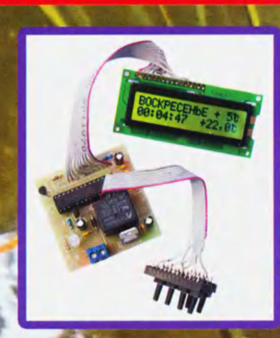




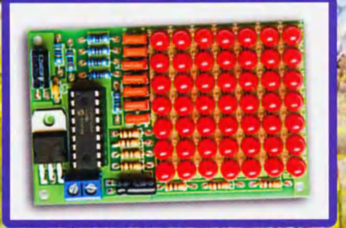
"Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П"



"USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910"



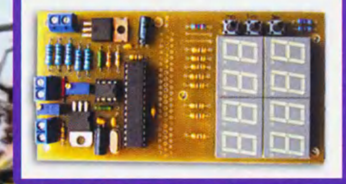
"Программируемый термостат"



"Автомат световых эффектов на микроконтроллере"



"Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676"



"Цифровое устройство защиты с функцией измерения"

http://kits.radio.ru